

**PENGARUH LUASAN ELEKTRODA *STAINLESS STEEL*
TERHADAP PRODUKSI GAS HHO PADA PROSES ELEKTROLISIS**

**TESIS
TEKNIK MESIN KONSENTRASI KONVERSI ENERGI**

**Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Magister Teknik**



**DEDY PRADIGDO
NIM. 156060200111005**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018**

TESIS

PENGARUH LUASAN ELEKTRODA *STAINLESS STEEL* TERHADAP PRODUKSI GAS HHO PADA PROSES ELEKTROLISIS

Oleh:

DEDY PRADIGDO
NIM. 156060200111005

Telah dipertahankan didepan penguji
Pada tanggal 10 Juli 2018
Dinyatakan telah memenuhi syarat
untuk memperoleh gelar Magister Teknik Mesin

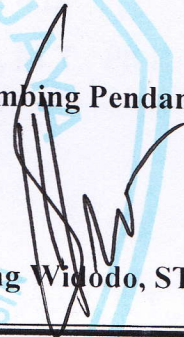
Komisi Pembimbing,

Pembimbing Utama



Prof. Ir. Sudjito Soeparman, Ph.D.

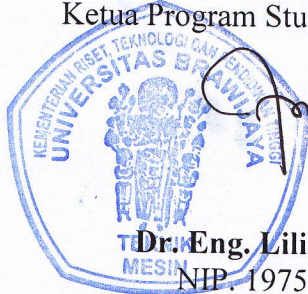
Pembimbing Pendamping



Agung Sugeng Widodo, ST., MT., Ph.D.

Malang, **25 JUL 2018**

Universitas Brawijaya
Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin
Ketua Program Studi Magister Teknik Mesin



Dr. Eng. Lilis Yuliati, S.T., M.T.
NIP. 197507022000032001

JUDUL TESIS :

PENGARUH LUASAN ELEKTRODA *STAINLESS STEEL* TERHADAP
PRODUKSI GAS HHO PADA PROSES ELEKTROLISIS

Nama Mahasiswa : Dedy Pradigdo

NIM : 156060200111005

Program Studi : Teknik Mesin

Konsentrasi : Konversi Energi

KOMISI PEMBIMBING :

Ketua : Prof. Ir. Sudjito Soeparman, Ph.D.

Anggota : Agung Sugeng Widodo, S.T., M.T., Ph.D.

TIM DOSEN PENGUJI :

Dosen Penguji 1 : Dr. Eng. Denny Widhiyanuriyawan., S.T., M.T.

Dosen Penguji 2 : Dr. Eng. Nurkholis Hamidi., S.T., M.Eng.

Tanggal Ujian : 10 Juli 2018

SK Penguji :

PERNYATAAN ORISINALITAS TESIS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Tesis ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Tesis ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Tesis dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan pasal 70)

Malang, 10 Juli 2018

Mahasiswa,



Nama : Dedy Pradigdo

NIM : 156060200111005

RIWAYAT HIDUP

Nama : Dedy Pradigdo.
TTL. : Magetan, 10 Februari 1975
Orang tua : Sumarsi & Suradji., BA. (Alm)
Agama : Islam
Status : K2 (Istri: Sri Wilarmi. M. / Anak: Aprianti E.D & Friyamika D.D)
Alamat : Asmil Politeknik TNI AD. Ds. Pendem, Kec. Jun Rejo, Kota Batu.
Telepon : 081360366421 / Dedypradigdo@gmail.Com

Pendidikan Umum : SDN Tanjung Bendo Magetan (1988)
SMPN 1 Kawedanan Magetan (1991)
SMAN 1 Kawedanan Magetan (1994)
S1 Teknik Mesin Undar Jombang (2000)
S2 Teknik Mesin UB (sekarang)

Pendidikan Militer : Semapa PK TNI IX Th. 2002
Susarcab Pal Th. 2002
Suspajat ≠ 3 Th. 2008
Suspakatalog Th. 2010
Diklapa II Th. 2012
Susgumil Madya Th.2014

Tugas Operasi : Satuan Tugas Operasi Gabungan Pemulihan Keamanan
Aceh 2004/2005.

Penugasan : Kaur Dalnik Subditbinran Ditpalad
Paurminperslog Bagurdal Ditpalad
Kaur Kalacat Bengtekmek Bengpuspal
Pasirenja Bengjat & Optik Bengpuspal
Pasiwasum & Daguna Bagwas Bengpuspal
Gumil Gol VI. Dpsista Lemjiantek
Gumil Gol VI. Depmek Lemjiantek
Kasi Binluminik Walumi Politeknik TNI AD (sekarang)

Teriring Doa & Ucapan Terima Kasih Kami Kepada :

Allah SWT

Ibunda Sumarsi & Bpk Suradji, Ba. (Alm)

Istriku tercinta Sri Wilarmi. M.

Ananda Aprianti Eka Desri & Friyamika Dwi Desri

Semua Yang Mendukung Terwujudnya Karya Ilmiah Ini

RINGKASAN

Dedy Pradigdo, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2018, *Pengaruh Luasan Elektroda Stainless steel terhadap produksi Gas HHO pada proses Elektrolisis*, Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Sudjito Soeparman., Ph.D., dan Agung Sugeng W., ST., MT., Ph.D.

Gas HHO merupakan proses yang memecah suatu molekul air (H_2O) murni menjadi dua Hidrogen dan satu Oksigen (HHO) melalui proses penguraiannya yaitu elektrolisis. Besar kecilnya hasil produksi gas HHO ini salah satunya dipengaruhi oleh luasan elektrodanya ini agar sesuai dengan kebutuhannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh berbagai variasi luasan permukaan elektrode (L1 sampai dengan L4) yang digunakan pada proses elektrolisis air dalam rangka memproduksi gas HHO yang memanfaatkan daya listriknya secara langsung dari sebuah baterai 12 Volt 70 AH.

Pada Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan menguji beberapa variasi luasan elektroda secara langsung tanpa sambungan dan perhitungan seluruh permukaan pada elektrodanya yang tercelup dalam air elektrolisis ini bahan baku anoda dan katodanya dari stainless steel.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa berbagai variasi luasan elektrodanya berpengaruh terhadap produksi gas HHOnya, sehingga diperoleh hasil kecil luasannya (L1 dan L2) tapi berlangsung lama bertahan daya listriknya karena penyerapan arus listriknya juga kecil, luasan elektrodanya yang sedang menghasilkan produksi HHOnya besar bertahan lama (L3) dan serapan daya listriknya tidak besar, sedangkan yang paling luas (L4) menghasilkan gas HHO yang spontan tinggi tetapi dalam jangka waktu yang sebentar atau tidak lama serta serapan daya listriknya lebih banyak.

Keywords : Luasan Elektroda, elektrolisis, dan Baterai 12 Volt 70 AH

SUMMARY

Dedy Pradigdo, Departement of Mechanical, Engineering Faculty of Brawijaya University. 10 Juli 2018, *The Influence of the Stainless Steel Electrode Area to the HHO Gas Production in the Process of Elektrolisis*, Supervisor: Prof. Ir. Sudjito Soeparman., Ph.D. and Agung Sugeng Widodo.,ST.,MT., Ph.D.

HHO gas is a process that breaks down pure water molecule (H_2O) into two hydrogen and one oxygen (HHO) through, decompose process of electrolysis. The size of HHO gas production result is impacted by the widespred elektrode to suit its needs. This research purpose to determine how much influence the various variations of the surface area of the electrode (L1 to L4) that used in water electrolysis process in order to produce HHO gas which utilizes its electric power directly from a 12 volt 70 AH battery.

This research is using experimental method by testing several variations of electrode area directly without connection and the calculation of the entire surface of the electrode which is dyed in the electrolysis water that the material of anode and the cathode is stainless steel.

These research results indicate that a wide variety of extents electrode have effect on gas production HHO, in order to obtain small result its wide (L1) but protracted the survival of the electric power, the extent of the electrode which is creating the production of great HHO lasts a bit longer (L3), while the most extensive (L4) produces HHO gas which spontaneously high but within a short time period or longer and more uptake of electric power.

Keywords : *Electrode Area, Elektrolisis, and Batteray 12 Volt 70 AH*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan Hidayah-Nyalah hingga tesis ini dapat terselesaikan. Tesis ini disusun guna memenuhi persyaratan menyelesaikan pendidikan pada jenjang strata dua (S2) Program Studi Teknik Mesin Program Pascasarjana Universitas Brawijaya Malang, sekaligus menjadi kesempatan bagi mahasiswa untuk mengaplikasikan teori dan materi yang diterima selama kuliah.

Pada kesempatan ini, dengan tulus penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Ir. Sudjito Soeparman, Ph.D., selaku dosen pembimbing I kami dalam menyusun tesis ini.
2. Agung Sugeng Widodo, ST., M.T., Ph.D, selaku dosen pembimbing II yang telah membimbing kami dalam menyusun tesis ini.
3. Dr.Eng. Lilis yulianti., ST., MT., selaku Kaprodi S2 Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang.
4. Ir. Djarot. B. Darmadi, M.T., Ph.D., selaku Kajur Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang.
5. Keluargaku tercinta
6. Rekan-rekan seperjuangan dari Program Magister, Universitas Brawijaya Malang.
7. Komandan, atasan, dan rekan-rekan militer maupun PNS di Politeknik TNI AD.

Didalam tulisan ini disadari bahwa masih banyak kekurangan dan keterbatasan yang dimiliki penulis, walaupun telah dikerahkan segala kemampuan untuk lebih teliti, tetapi masih dirasakan banyak kekurangtepatan, oleh karena itu penulis mengharapkan saran yang membangun agar tulisan ini bermanfaat bagi yang membutuhkan.

Malang, Juli 2018

Penulis

Dedy Pradigdo

DAFTAR ISI

	Halaman
SAMPUL	i
LEMBAR JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	iii
IDENTITAS TIM PENGUJI	iv
PERNYATAAN ORISINALITAS (PLAGIASI)	v
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	vi
UCAPAN TERIMA KASIH	vii
RINGKASAN	viii
<i>SUMMARY</i>	ix
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR SIMBOL	xvii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	4
1.3 Rumusan Masalah	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Tujuan Penelitian	4
1.6 Manfaat Penelian	4

II	TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1	Review Penelitian Terdahulu	5
2.2	HHO	6
2.3	Anoda dan Katoda	9
2.4	Elektrolisis	9
2.4.1	Proses Elektrokimia	10
2.4.2	Jenis Elektrolisis	11
2.4.3	Cairan Elektrolit	13
2.5	Beban energi listrik pada proses Elektrolisis	13
2.6	Laju Produksi Gas HHO (Brown ‘gas)	14
2.7.	Efisiensi Generator	15
III	KERANGKA KONSEP PENELITIAN	17
3.1	Arus Listrik	17
3.2	Hambatan / Resistansi	17
3.3	Proses Elektrolisis Air	18
3.4	Mekanisme cara kerja elektroliser	19
3.5	Hipotesis Penelitian	21
IV	METODE PENELITIAN	23
4.1	Tempat dan Waktu Penelitian	23
4.2	Metode Penelitian	23
4.3	Variabel	23
4.3.1	Variabel bebas	23
4.3.2	Variabel terikat	27
4.4	Alat dan Bahan Penelitian	27
4.4.1	Baterai	27
4.4.2	Tabung Filter	27

4.4.3	Alat Ukur	28
4.4.4	Selang Saluran Gas HHO	28
4.4.5	Kabel	28
4.5	Instalasi Pengujian	28
4.6	Prosedur Pengujian	29
4.7	Prosedur Pengambilan Data	29
4.8	Yang Mendasari Teori	30
4.9	Analisa Data	30
4.10	Diagram Alir	31
V	HASIL PEMBAHASAN	33
5.1	Umum	33
5.2	Data Spesifikasi Teknis Elektrolisernya	33
5.3	Pembahasan Hasil Penelitian	34
5.3.1	Analisa Volume dari Variasi Pertama	34
5.3.2	Analisa Volume dari Variasi Kedua	36
5.3.3	Analisa Volume dari Variasi Ketiga	38
5.3.4	Analisa Volume dari Variasi Keempat	40
5.3.5	Rekapitulasi Volume dari Ke-4 Variasi Luasan	42
5.4	Pengaruh Luasan terhadap Daya Listrik	43
5.4.1	Variasi I Pengaruh Luasan terhadap Daya Listrik	43
5.4.2	Variasi II Pengaruh Luasan terhadap Daya listrik	44
5.4.3	Variasi III Pengaruh Luasan terhadap Daya Listrik	44
5.4.4	Variasi IV Pengaruh Luasan terhadap Daya Listrik	45
5.4.5	Rekapitulasi Pengaruh Luasan terhadap Daya Listrik	46
5.5	Laju produksi HHO (Q)	47

5.5.1 Hasil Q dari Variasi Ke-1 dengan Luas 6.413,4 mm ²	48
5.5.2 Hasil Q dari Variasi Ke-2 dengan Luas 10.028,18 mm ²	48
5.5.3 Hasil Q dari Variasi Ke-3 dengan Luas 14.328 mm ²	49
5.5.4 Hasil Q dari Variasi Ke-4 dengan Luas 14.368 mm ²	49
5.5.5 Hasil Rekapitulasi Laju Produksi HHO dari 4 Variasi Luasan	50
5.6 Kebutuhan Daya Listrik yang Digunakan untuk Proses Elektrolisis	51
5.7 Laju Produksi HHO Sesuai Luasan Elektrodanya	52
5.7.1 Perhitungan Laju Produksi HHO yang Disesuaikan dengan Luasan Elektrodanya	52
5.8 Efisiensi generator	53
VI PENUTUP	55
6.1 Kesimpulan	55
6.2 Saran	56

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 5.3.1.	Hasil Penelitian pada Variabel ke-1.....	35
Tabel 5.3.2.	Hasil Penelitian pada Variabel ke-2.....	37
Tabel. 5.3.	Hasil Penelitian pada Variabel ke-3.....	39
Tabel. 5. 4.	Hasil Penelitian pada Variabel ke-4.....	41

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 1.	Elektrolisis Air	7
Gambar 2.	Reaksi Elektrolisis Air	7
Gambar 3.	Generator Elektrolisis HHO	8
Gambar 4.	Kerangka Pemikiran	16
Gambar 6.	Luasan Spesimen I	20
Gambar 7.	Luasan Spesimen II	20
Gambar 8.	Luasan Spesimen III	21
Gambar 9.	Luasan Spesimen IV	22
Gambar 10.	Instalasi pengujian	24
Gambar 5.3.1.	Variasi I Pengaruh Luasan terhadap Volume HHO	31
Gambar 5.3.2.	Variasi II Pengaruh Luasan terhadap Volume HHO	33
Gambar 5.3.3.	Variasi III Pengaruh Luasan terhadap Volume HHO	34
Gambar 5.3.4.	Variasi IV Pengaruh Luasan terhadap Volume HHO	37
Gambar 5.4.1.	Rekapitulasi Pengaruh Luasan Elektrode terhadap Volume HHO	38
Gambar 5.4.1.	Variasi 1 Pengaruh Luasan terhadap Daya Listrik	39
Gambar 5.4.2.	Variasi II Pengaruh Luasan Elektroda terhadap Daya Listrik	40
Gambar 5.4.3.	Variasi III Pengaruh Luasan terhadap Daya Listrik	40
Gambar 5.4.4.	Variasi IV Pengaruh Luasan terhadap Daya	41
Gambar 5.4.5.	Rekapitulasi Variasi Pengaruh Luasan Elektroda terhadap Daya	42
Gambar 5.5.1.	Variasi 1 Pengaruh Luasan terhadap Laju Produksi HHO.....	42
Gambar 5.5.2.	Variasi II Pengaruh Luasan terhadap Laju Produksi HHO.....	43
Gambar 5.5.3.	Variasi III Pengaruh Luasan terhadap Laju Produksi HHO	44

Gambar 5.5.4. Variasi IV Pengaruh Luasan terhadap Laju Produksi HHO	44
---	----

Gambar 5.6. Rekapitulasi Variasi 1- IV Pengaruh Luasan terhadap Laju Produksi HHO	45
---	----

DAFTAR SIMBOL

I = Arus listrik (Amper)

$L1$ = Variasi luasan 1 dalam mm^2

$L2$ = Variasi luasan 2 dalam mm^2

$L3$ = Variasi luasan 3 dalam mm^2

$L4$ = Variasi luasan 4 dalam mm^2

V = Tegangan (voltmeter)

Q = Laju Produksi (ml/s)

n = Jumlah Mol elektron (Mol)

F = Muatan listrik per 1 Mol elektron (Coulom / Mol)

T = Temperatur.

E = Energi listrik Watt Hour

P = Daya (watt)

t = Waktu

q = Jumlah muatan listrik yang mengalir (C)

v = Volume gas HHO yang ditampung dalam gelas ukur (mml)

ρ_{HHO} = Massa jenis gas HHO (gr/lt)

LHV = Low Heating Value, Nilai kalor bawah gas HHO (J/gr)

P_{HHO} = (J/s)

η_{HHO} = Efisiensi dari kemampuan dari generatornya

ml = mililiter

l = liter

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang.

Bagi masyarakat daerah pedalaman dan prajurit yang sedang melaksanakan tugas patroli pengamanan di wilayah sekitar perbatasan banyak mengalami keterbatasan berbagai energi, sehingga perlu upaya membuat terobosan. Misalnya energi alternatif untuk kapal-kapal nelayan, patroli, maupun pengelasan guna memperbaiki peralatan yang rusak serta sebagai penunjang kehidupan sehari-hari baik kepentingan militer maupun bagi masyarakat sekitarnya khususnya, pada peralatan rumah tangga yang terbuat dari sejenis logam maupun aluminium.

Karena wilayah perbatasan yang selama ini sulit terjangkau adanya peralatan pengelasan yang umum digunakan bahan bakarnya yaitu gas asetilin yang dicampur dengan oksigen yang sulit didapatkan dan sistem pengelasan dengan tenaga listrik (perlu tegangan tinggi) belum terjangkau listrik dari PLN. Prajurit TNI yang bertugas mengamankan wilayah perbatasan perlu memanfaatkan potensi energi alternatif yang ada disekitarnya yaitu sistem pengelasan yang menggunakan / memanfaatkan gas HHO. Gas tersebut dapat diperoleh dari hasil elektrolisis yang terjadi pada generator yang mudah dibuatnya dan dapat memanfaatkan energi listriknya tidak terlalu besar dapat diperoleh dari energi listrik berupa baterai yang dicharger dengan solar cell bila baterai yang telah digunakan habis energinya. Berkaitan dengan hal tersebut diatas perlu diteliti bagaimana supaya menghasilkan energi yang maksimal pada pengelasan yang memanfaatkan baterai 12 Volt 70 AH, melalui proses elektrolisis yaitu suatu cara mengubah molekul air (H_2O) menjadi HHO. Sehingga diperlukan rekayasa uji coba suatu peralatan tersebut yang dapat digunakan sebagai eksperimen yang mempengaruhi produktifitas HHO yang dihasilkan utamanya lembaran elektroda pada tabung generatornya dan pemurnian tabung filternya untuk mengetahui hasil molekul gas HHO yang maksimal.

Dalam elektrolisis air yang menggunakan energi dari sebuah baterai 12 Volt 70 AH ini perlu disesuaikan dengan kebutuhan / waktu pemanfaatan molekul HHO tersebut, misalnya untuk pengganti BBM maka perlu waktu proses elektrolisisnya yang lama, hal itu sama dengan untuk memasak / untuk kompor dan beda lagi kalau untuk energi pengelasan maka perlu arus listrik yang tinggi dalam waktu yang singkat/tidak lama.

Karena energinya dari baterai maka pengelolaannya yang bisa direkayasa dalam elektrolisis ini salah satunya yaitu dengan memvariasikan luasan elektrodanya yang dapat

mempengaruhi produksi HHO nya sesuai dengan yang diharapkan. Apabila perlu HHO nya tidak terlalu besar dalam jangka waktu yang lama maka dapat menggunakan elektroda yang agak kecil begitu sebaliknya, memahami hal tersebut perlu mempelajari penelitian-penelitian sebelumnya sebagai bahan pertimbangan.

Kastono (2009) penelitian dari Kastono ini menggunakan variasi Elektrolisis airnya dengan garam alkali klorida (LiCl , NaCl , KCl) dan garam alkali tanah klorida ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) agar mempermudah proses reaksi elektrolisisnya pada katoda yang menghasilkan gas hidrogen dan anoda menghasilkan gas klor. Perbedaan ion elektrolit yang ditambahkan dalam air pada peristiwa elektrolisis akan memberikan hasil yang berbeda pula. Penelitian ini dilakukan untuk menjawab permasalahan, seperti: bagaimana pengaruh voltase, konsentrasi larutan garam klorida dan ukuran ion elektrolit terhadap produksi gas hidrogen pada elektrolisis larutan garam klorida. Elektrolisis dilakukan dengan menggunakan sel elektrolisis Hoffman. Identifikasi gas yang dihasilkan pada anoda dilakukan dengan mengalirkan gas dan larutan sisa elektrolisis ke dalam larutan KI 10%. Dari hasil penelitian diperoleh semakin besar voltase yang digunakan atau diterapkan semakin banyak pula gas hidrogen yang dihasilkan, semakin besar konsentrasi garam klorida yang digunakan semakin banyak pula gas hidrogen yang dihasilkan dan semakin besar ukuran ion (menurunnya jari-jari hidrat ion) elektrolit semakin besar pula gas hidrogen yang dihasilkan (kecuali untuk kation Ca^{2+}) sangat penting untuk menggambarkan reaksi yang terjadi pada anoda dan katoda. Perbedaan ion elektrolit yang ditambahkan dalam air pada peristiwa elektrolisis akan memberikan hasil yang berbeda pula. Penelitian ini dilakukan untuk menjawab permasalahan, seperti: bagaimana pengaruh voltase, konsentrasi larutan garam klorida dan ukuran ion elektrolit terhadap produksi gas hidrogen pada elektrolisis larutan garam klorida. Elektrolisis dilakukan dengan menggunakan sel elektrolisis Hoffman. Identifikasi gas yang dihasilkan pada anoda dilakukan dengan mengalirkan gas dan larutan sisa elektrolisis ke dalam larutan KI 10%. Dari hasil penelitian diperoleh: semakin besar voltase yang digunakan atau diterapkan semakin banyak pula gas hidrogen yang dihasilkan, semakin besar konsentrasi garam klorida yang digunakan semakin banyak pula gas hidrogen yang dihasilkan dan semakin besar ukuran ion (menurunnya jari-jari hidrat ion) elektrolit semakin besar pula gas hidrogen yang dihasilkan (kecuali untuk kation Ca^{2+}).

Marlina. (2013) meneliti generator HHO yang berenergi baterai 12 volt 24 amper dengan katoda dan anodanya berbahan stainless steel yang memvariasikan dengan

penambahan NaHCO_3 (Natrium bikarbonat), setelah dilaksanakan pengujian diperoleh data katalis sebesar 12,5 % yang memiliki efisiensi generator HHO terbaiknya 21,2 % dan jumlah konsumsi daya laju produksi/flowrate gas HHO (Brown's gas) serta efisiensi generator HHO naik seiring bertambahnya prosentase NaHCO_3 . Pada penelitian ini mengabaikan pengaruh luasan katoda maupun anodanya pada proses elektrolisis, oleh sebab itu maka Marlina menyarankan untuk meneliti pengaruh luasan elektrodanya terhadap produksi HHOnya.

Penelitian Sopandi (2015) menghasilkan produksi gas HHO oleh generator HHO tipe basah dengan metode elektrolisa H_2O menggunakan variasi ketebalan elektroda jenis stainless steel 304 yaitu 0,8 mm, 1 mm dan 1,2 mm dengan katalis NaHCO_3 (Natrium Bikarbonat) pada larutan elektrolitnya. Karakteristik yang diketahui meliputi konsumsi daya listrik yang digunakan oleh generator, volume gas yang dihasilkan, laju produksi gas HHO yang dihasilkan dan efisiensi generator. Hasil penelitian dan pengujian generator HHO tipe basah ini didapatkan generator terbaik pada ketebalan elektroda 1 mm diperoleh data hasil pengujian dengan daya HHO yang digunakan sebesar 59,11 Watt, laju produksi gas HHO yang dihasilkan sebanyak 0,00054 kg/s dan efisiensi generator HHO sebesar 9,42 %.

A. Syaiful (2015) membandingkan lapisan pelat-pelat fuel cell yang di variasikan jaraknya dan kuat arus listriknya pada proses elektrolisis menggunakan logam SS316 dan aluminium. Setelah diukur didapatkan kesimpulan yaitu : pemakaian logam SS316 untuk lapisan pelat fuel cell jauh lebih baik dari aluminium karena menghasilkan resistansi lebih rendah dan konstan, laju produksi HHO pada proses elektrolisis air dipengaruhi oleh variasi lapisan pelat sejajar pada fuel cellnya, nilai resistansi air yang digunakan pada pengukuran ini sebesar $\rho = 4710 \Omega \cdot \text{cm}$.

Wahyono (2016) pembuatan elektroliser sebagai alat ujinya hanya dengan 2 variasi luasannya hanya permukaan depan belakang saja, samping kanan, kiri, atas, diabaikan, sehingga kurang tajam akurasi, serta aliran arusnya tidak langsung atau dengan sambungan, sehingga masih terjadinya hambatan arusnya apalagi hanya 10 Amper saja dan konsentrasi air dikataliskan dengan KOH, menyebabkan pengaruh luasannya belum akurat terhadap produksi HHOnya, karena konsentrasi katalis sangat mempengaruhi kecepatan maupun kuantitas HHOnya, semakin banyak katalis maka semakin banyak pula HHO yang dihasilkan.

1.2. Identifikasi Masalah

Luasan seluruh permukaan elektroda yang bahannya terbuat dari stainless steel bersentuhan dengan air pada proses elektrolisis yang menggunakan energi dari baterai 12 Volt 70 AH dapat mempengaruhi terhadap produksi HHO.

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah diatas, maka dirumuskan permasalahan yang akan dibahas yaitu meneliti tentang bagaimana pengaruh luasan elektroda terhadap laju produksi gas HHO dari elektrolisernya pada proses elektrolisis yang menggunakan baterai 12 Volt 70 AH.

1.4. Batasan Masalah

Agar tidak meluas, maka dalam penelitian ini difokuskan pada beberapa pembahasan, antara lain :

- a. Kapasitas baterai yang digunakan yaitu 12 Volt 70 AH.
- b. Volume air elektrolisernya tetap dan waktunya ujinya 295 menit.
- c. Penentuan luasan, bentuknya maupun jaraknya anoda dan katodanya yang digunakan disesuaikan dengan generator/elektrolisernya.

1.5. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh luasan elektroda yang bahannya terbuat dari stainless steel terhadap produksi gas HHO yang optimal sesuai kebutuhan dengan menggunakan baterai 12 Volt 70 AH.

1.6. Manfaat Penelitian

Terdapat beberapa manfaat dari hasil penelitian ini antara lain:

- a. Secara akademis merupakan pengaplikasian dari teori praktis yang pernah dipelajari diperkuliahan terutama yang berkaitan dengan konversi energi.
- b. Kesesuaian besaran voltase, amper terhadap luasan yang digunakan untuk elektrolisis.
- c. Secara praktis untuk memberikan sumbangan pemikiran tentang optimalisasi pemanfaatan proses elektrolisis yang menghasilkan gas HHO sebagai energi alternatif masa depan yang ramah lingkungan terutama daerah yang minim akan tersedianya BBM.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Review Penelitian Terdahulu.

Sebagai acuan dalam penelitian ini diperlukan referensi dari penelitian-penelitian sebelumnya untuk dipelajari untuk dijadikan sebagai bahan pertimbangan apakah yang dapat dikaji dalam melakukan penelitian berikutnya.

Supiah (2010) meneliti tentang elektrolisis merupakan reaksi dekomposisi dalam suatu elektrolit oleh arus listrik. Air merupakan elektrolit sangat lemah yang dapat terionisasi menjadi ion-ion H^+ dan OH^- , sehingga memungkinkan untuk dilakukan elektrolisis untuk dipecah menjadi gas-gas hidrogen dan oksigen. Proses elektrolisis air berjalan sangat lambat sehingga perlu diupayakan cara-cara untuk meningkatkan efisiensi produk, misalnya dengan penambahan zat terlarut yang bersifat elektrolit, modifikasi elektroda atau dengan cara-cara lain yang mampu meningkatkan efisiensi produk. Pada penelitian ini dicoba melakukan elektrolisis akuades, air sumur dan larutan soda dengan menggunakan elektroda stainless steel selama 900 detik dengan tegangan 12 V. Selama proses elektrolisis dilakukan pengamatan terhadap perubahan temperatur dan pH dalam selang waktu tertentu, yang selanjutnya digunakan untuk mempelajari perilaku sel elektrolisis. Berdasarkan data variasi temperatur dan pH selama proses elektrolisis dapat dibuat termogram temperatur dan waktu serta kurva perubahan pH untuk setiap sel elektrolisis. Untuk masing-masing sel elektrolisis ternyata memberikan termogram dan kurva pH yang berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa masing-masing sel elektrolisis memiliki perilaku yang berbeda, yang menunjukkan bahwa jenis dan atau kuantitas material yang terlibat pada proses elektrolisis dapat berbeda.

Marlina, E., Dkk. (2013) Penelitian ini menggunakan generator HHO yang meneliti pengaruh prosentase variasi dengan penambahan $NaHCO_3$ (Natrium bikarbonat) 12,5 % memiliki efisiensi generator HHO terbaiknya 21,2 % dan jumlah konsumsi daya, laju produksi/flowrate gas HHO (Brown's gas) serta efisiensi generator HHO naik seiring bertambahnya prosentase $NaHCO_3$.

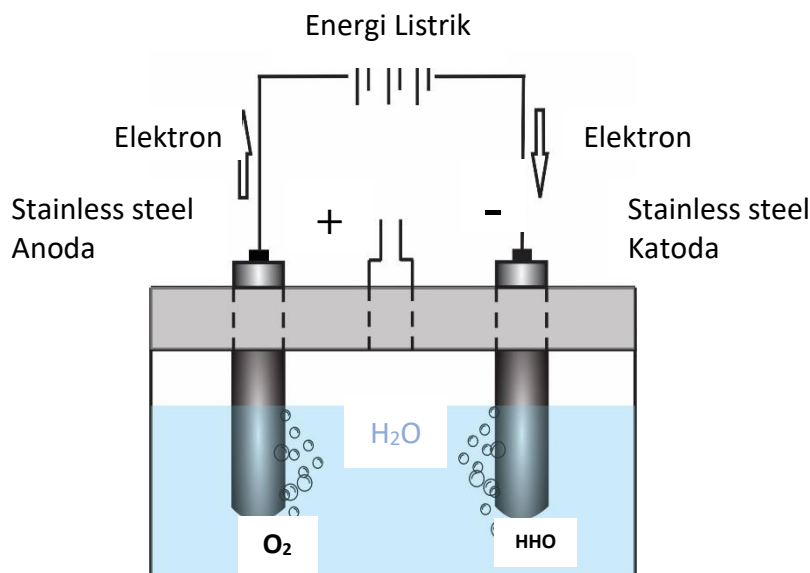
A.Syaiful, Dkk. (2015) Pengukuran nilai resistansi fuel cell terhadap variasi lapisan pelat sejajar, hasilnya penggunaan logam SS316 menghasilkan resistansi lebih rendah bila dibandingkan dengan logam aluminium. Dari beberapa variasi lapisan pelat sejajar yang dicoba, diperoleh kenaikan arus listrik yang mengalir pada fuel cell. Laju produksi HHO semakin meningkat dengan bertambahnya arus listrik yang mengalir.

Andewi (2013) pada penelitian ini dilakukan proses elektrolisis dengan variasi tegangan dan variasi kadar salinitas. Elektrolit yang digunakan adalah NaCl (natrium chlorida) dengan variasi tegangan (2,1V;6V;12V) dan variasi kadar salinitas (0,5‰;15‰;35‰). Elektroda yang digunakan adalah platina sebagai anoda dan stainless steel sebagai katoda akan dialiri arus bermuatan positif pada anoda dan bermuatan negatif pada katoda. Penelitian dilakukan selama 180 menit. Hasil penelitian terlihat bahwa salinitas dan tegangan mempengaruhi produksi gas hidrogen. Semakin besar salinitas yang digunakan maka produksi gas hidrogen semakin banyak. Begitu juga dengan tegangan, semakin besar tegangan yang diberikan semakin banyak produksi gas hidrogen. Produksi optimum sebesar 98 ml didapatkan pada salinitas 35% dan tegangan 12 Volt.

2.2. HHO

Alat yang digunakan untuk proses elektrolisis disebut dengan elektroliser. Elektroliser juga merupakan istilah lain untuk menyebut generator HHO. Di dalam tabung elektroliser, air (H_2O) dipecah menjadi gas HHO atau sering disebut sebagai *brown gas*. Medan listrik akan mengubah struktur atom hidrogen (H_2) dan oksigen (O_2) pada air dari bentuk diatomik menjadi monoatomik. Selain itu, ikatan *neutron* yang mengikat partikel H dan O akan terlepas, sehingga partikel O akan tertarik ke kutub negatif, dan partikel H akan tertarik ke kutub positif. Sejalan dengan proses tersebut, volume dan gelombang gas H dan O yang melekat pada *elektron* akan bertambah, terlepas mengambang, dan kemudian bergerak naik. Saat gelembung gas hidrogen dan oksigen monoatomik terlepas dari permukaan air, partikel gas tersebut akan berikatan kembali di ruang udara sebagai gas HHO atau *brown gas*.

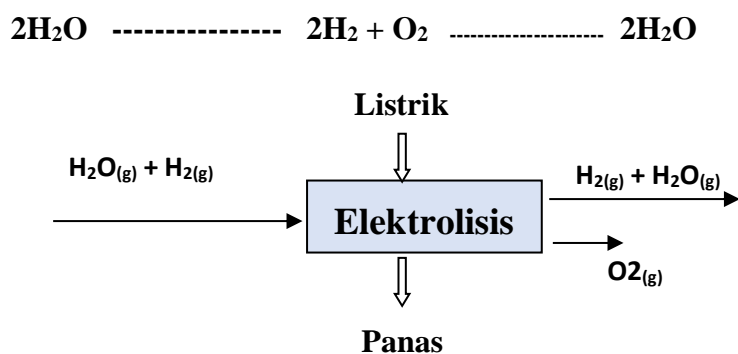
Pada gambar 1 dibawah ini menunjukkan bahwa elektrolisis merupakan proses penguraian molekul air (H_2O) menjadi hidrogen (H_2) dan oksigen (O_2) dengan energi pemicu reaksi berupa energi listrik secara langsung/DC. Proses ini dapat berlangsung ketika 2 (dua) buah elektroda ditempatkan dalam air dan arus searah dilewatkan diantara 2 (dua) elektroda tersebut. Hidrogen terbentuk pada katoda, sementara oksigen pada anoda. Selama ini elektrolisis dikenal sebagai produksi hidrogen dari air yang paling efektif dengan tingkat kemurnian tinggi, tapi terbatas untuk skala kecil.



Gambar 1. Elektrolisis Air

Elektrolisis air memanfaatkan arus listrik untuk menguraikan air menjadi unsur-unsur pembentuknya, yaitu H_2 dan O_2 . Gas hidrogen muncul di kutub negatif atau katoda dan oksigen berkumpul di kutub positif atau anoda. Konsepnya adalah melakukan elektrolisis terhadap air, untuk menjadikan $H-O-H$ (Air = H_2O) menjadi $H-H-O$. Dengan bentuk hasil elektrolisis ini, hidrogen lebih mudah dipisahkan menjadi gas.

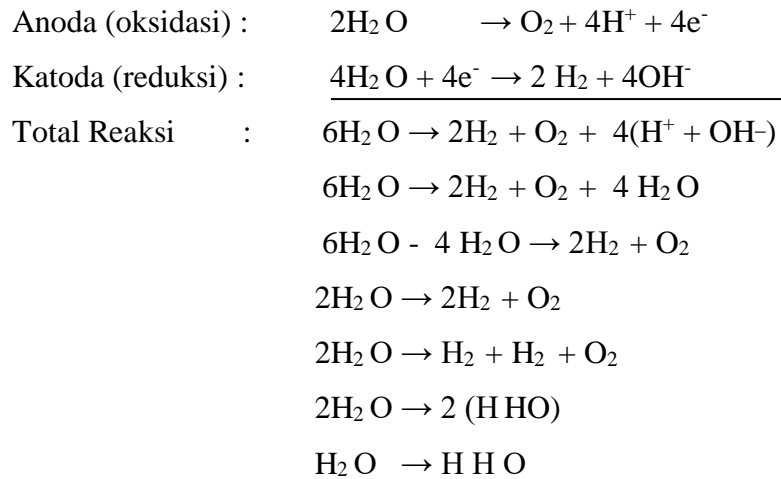
Di katoda, H_2O tereduksi jadi H_2 dan OH^- sedangkan di anoda akan teroksidasi menjadi H^+ dan O_2 , sehingga secara total hasil elektrolisis tersebut adalah H_2 (g) dan O_2 (g). Adapun rumus kimia elektrolisis senyawa air (H_2O) menjadi gas hidrogen (H_2) dan gas oksigen (O_2) lalu terjadi reaksi pembakaran secara sempurna dan menghasilkan emisi berupa uap air (H_2O) yang digambar. 2 di bawah ini sebagai berikut :



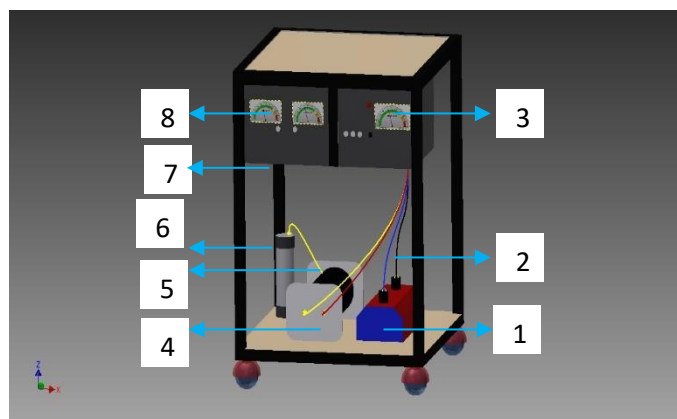
Gambar 2. Reaksi Elektrolisis Air

Pada reaksi elektrolisis air ini mempunyai dua tipe reaksi reduksi dan oksidasi, yaitu setengah reaksi dengan kesetimbangan asam dan setengah reaksi dengan kesetimbangan

basa. Untuk setengah reaksi dengan kesetimbangan asam, dapat ditulis sebagai berikut (Sumber : Sastrohamidjojo H, 2005) :



Kedua reaksi di atas, maka sama-sama diperoleh dekomposisi air menjadi hidrogen dan oksigen. Untuk reaksi secara keseluruhan dapat ditulis sebagai berikut : $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow$ energi yang dibutuhkan untuk melepaskan ikatan $\text{H}^+ \text{O}_2$ dari H_2O . Dari proses elektrolisis air akan dihasilkan 2 molekul hidrogen dan juga 1 molekul oksigen. Gabungan dari kedua gas tersebut disebut dengan *brown gas*. *Brown gas* didefinisikan sebagai gas mudah terbakar yang terdiri dari hidrogen dan oksigen konvensional, dengan perbandingan *stoichiometri* 2/3 (atau 66,66% volume) untuk hidrogen dan 1/3 (atau 33,33% volume) untuk oksigen (Culp A.W, jr et.al, 1996).



Gambar 3. Generator Elektrolisis HHO

Keterangan Gambar:

1. Accu
2. Kabel
3. Indikator tegangan / Aliran Listrik.
4. Reaktor H
5. Selang Saluran Hasil HHO
6. Filter Tank
7. Pipa Saluran H
8. Indikator tekanan H

2.3. Anoda dan Katoda.

Anoda ini sebagai elektrodanya yang bahannya terbuat dari bahan logam yang dapat terpolarisasi saat menghantarkan aliran listrik ke dalamnya saat proses elektrolisis. Pada saat arus listrik mengalir maka arah berlawanan dengan pergerakan elektronnya. Terjadi proses elektrokimia pada saat sel *galvanik* pada baterai digunakan untuk elektrolisis, pada anodanya terjadi oksidasi. Hal ini perlu diingat bahwa tidak tentu anion (ion bermuatan negatif) bergerak menuju anoda dan tidak tentu juga kation (ion yang bermuatan positif) bergerak ke arah menjauhi anoda. Geraknya kation maupun *anion* ke arah menjauh dari anoda tergantung dari jenis sel elektrolisisnya.

Baterai sebagai pembangkit listrik yang mempunyai dua posisi, pada kutub negatifnya yaitu anoda dan katodanya pada kutub positif. Kemudian elektrodanya akan melepaskan elektron menuju ke sirkuit karena arus listrik mengalir ke dalam elektroda ini dan menjadikannya anoda berkutub negatif. Dalam sel galvanik baterai, reaksi oksidasi terjadi secara spontan. Karena terus menerus melepaskan elektron anoda cenderung menjadi bermuatan positif dan menarik *anion* dari larutan elektrolitnya serta menjauhkan *kation*. Katoda merupakan kebalikannya dari anoda yaitu sebuah elektroda yang diproses secara elektrokimia kemudian terpolarisasi bila dialiri arus listrik.

2.4. Elektrolisis

Proses elektrolisis ini menggunakan elektrodanya dari bahan *stainless steel* jenis / tipe 430 dengan kandungan dominan komposisinya (Ni: 1,65 – 2,00, Cr: 0,40 – 0,90 Mo: 0,20 – 0,30) dengan harapan tahan terhadap korosi / karat saat direndam dalam air, dialiri listrik lembaran katoda dan anodanya tetapi tidak bersentuhan menghindari terjadinya konsleting, selama proses berlangsung dikondisikan katoda dan anodanya semua terendam

airnya agar hasil elektrodanya maksimal, agar HHO tak terkontaminasi zat dari lembaran katoda maupun anodanya maka dipasang dibagian bawah generatornya yang keatas H₂ saja.

2.4.1. Proses Elektrokimia

Proses elektrokimia merupakan suatu ilmu pengetahuan yang mempelajari peristiwa-peristiwa yang terjadi di dalam sel elektrokimia yang terdiri dari 2 macam sel yaitu elektrode dan larutan elektrolit, dimana dalam proses tersebut terjadi proses perpindahan elektron (reaksi redoks).

Cairan Elektrolit yang digunakan untuk menghasilkan gas HHO pada proses elektrolisis terdiri dari air murni atau air *destilasi* dan katalisatornya akan larut dalam air murni dan menyatu membentuk larutan elektrolit. Adapun elektroda yang digunakan dalam proses elektrolisis ini memilih yang berbahan stainless steel karena tahan karat. Elektroda dibuat berdekatan, tapi tidak bersentuhan. Digunakan bahan yang bersifat isolator untuk saling menghubungkan 2 elektrode supaya tidak terjadi hubungan arus pendek atau korsleting.

Pada proses elektrolisis air yang menghasilkan gas hidrogen hidrogen oksida (HHO) atau gas brown. Gas HHO dapat menghemat konsumsi bahan bakar pada kendaraan bermotor sampai dengan 80%. Gas HHO terjadi akibat adanya arus listrik yang melewati elektroda menguraikan unsur-unsur air. Elektroda terdiri dari dua kutub, yaitu katoda (-) dan anoda (+) yang dimasukkan ke larutan elektrolit. Jika elektroda itu diberi arus listrik, akan muncul gelembung-gelembung kecil warna putih (gas HHO).

Prinsip elektrolisis air (H₂O) yaitu jika air dilewatkan diantara dua pelat yang dialiri oleh arus searah (DC) yang berbeda kutub positif dan negatif, maka molekul air akan terpecah menjadi Hidrogen dan Oksigen dalam bentuk gas. Karena kutub positif akan terbentuk gas oksigen (O₂) dan pada kutub negatif akan terbentuk gas hidrogen (H), karena gas oksigen merupakan bahan yang dibutuhkan untuk pembakaran (oksidasi) sedangkan hidrogen adalah bahan bakar yang jika direaksikan dengan pembakaran maka akan kembali menyatu dengan oksigen dengan menghasilkan panas (kalor). Proses pemecahan air melalui elektrolisis akan menghasilkan gas HHO yang sangat reaktif atau mudah terbakar dengan kecepatan rambat yang tinggi.

Beberapa hal yang menjadi dasar pemikiran dibuatnya generator HHO dan H₂ di yaitu:

- a. Karena mesin-mesin yang menggunakan BBM di negara kita rata-rata masih memiliki tingkat efisiensi masih rendah. Masih cukup banyak BBM yang

terbuang sebagai *hydrocarbon* yang tersisa dari mesin dengan sistem pembakaran internal (*internal combustion engine*).

- b. Masih ketergantungan terhadap BBM yang berasal dari energi fosil, bukan terbarukan, sehingga ketersediaannya suatu saat bisa habis, sehingga perlu penggunaan yang bijak dan membiasakan untuk berhemat.
- c. Karena negara kita berupa kepulauan, sehingga banyak ketersediaan bahan baku sebagai pendukung sarana transportasi darat, laut dan udara untuk menunjang perekonomian. Berdasarkan situasi dan kondisi tersebut, maka salah satu solusi yang bisa mengatasinya yaitu memanfaatkan energi yang terbarukan dan meningkatkan efisiensi penggunaan energi tak terbarukan dengan membuat alat yang dapat menghemat bahan bakar yang secara tidak langsung menurunkan tingkat emisi yang dihasilkan.

2.4.2. Jenis Elektrolisis

Proses pada suatu Elektrolisis dapat dibedakan menjadi dua tipe berdasarkan reaktor yang digunakan yaitu proses elektrolisis tipe kering (*dry cell*) dan tipe basah (*wet cell*). (Koponen, jr et.al. 2015)

Proses elektrolisis tipe basah (*Wet Cell*) yaitu merupakan suatu reaktor elektrolisis dimana semua elektrodanya terendam cairan elektrolit di dalam sebuah bejana air. Pada tipe wet cell ini membutuhkan energi listrik yang lebih besar dikarenakan semua area luasan elektroda platnya terendam air untuk proses elektrolisis menghasilkan gas HHO.

Keuntungan generator gas HHO tipe wet cell adalah

- a. Gas yang dihasilkan secara biasanya lebih banyak.
- b. Dalam proses perawatan pada generatornya lebih mudah.
- c. Untuk rancang bangun pembuatan generator HHO lebih mudah.

Proses elektrolisis tipe kering (*Dry Cell*) yaitu merupakan suatu reaktor sel elektrolisis yang mana sebagian elektrodanya tidak terendam dan elektrolit hanya mengisi celahnya diantara elektroda itu sendiri. Luasan lingkaran pada plat elektroda yang terendam air adalah area terjadinya elektrolisis untuk menghasilkan gas HHO, sedangkan bagian luasan yang lainnya tidak terendam air dan plat dalam kondisi kering. Luasan yang terelektrolisis sekitar 60% dan cukup dibatasi dengan o-ring pada setiap plat yang digunakan. Selain itu pada setiap plat terdapat lubang yang digunakan sebagai saluran gas HHO yang berada di bagian atas dan bawah. Keuntungan dari reaktor HHO tipe dry cell yaitu:

- a. Air yang di elektrolisa hanya seperlunya, yaitu hanya air yang terjebak di sekitar lempengan elektrode saja.
- b. Panas yang ditimbulkan relative kecil, karena selalu tidak menggunakan katalis.
- c. Arus listrik yang digunakan relatif lebih kecil, karena air yang di elektrolisa tidak semuanya, sehingga daya yang terkonversi menjadi panas semakin sedikit.

Pemanfaatan generator H₂ ini pada prinsipnya hampir sama dengan generator HHO diatas dengan beberapa pengembangan, alat ini sangat cocok penggunaannya untuk mesin dengan sistem injeksi (EFI) karena prinsip kerjanya yang memisahkan antara gas oksigen dan hidrogen dimana oksigen akan dilepaskan ke udara bebas, sedangkan gas hidrogen akan diberikan ke mesin melalui jalur udara masuk (intake) di depan saringan udara pada posisi yang memiliki kevakuman paling kecil namun masih dapat terbawa ke dalam mesin. Sangat tepat untuk kendaraan bermesin bensin yang saat ini pada umumnya menggunakan sistem injeksi (EFI), dapat menghasilkan gas secara terpisah sehingga tidak akan terjadi ledakan di luar ruang bakar (combustion chamber) walaupun sengaja disulut dengan api karena sifatnya *flammable*, namun tidak bersifat *blasting*. Pada Gas H₂ murni yang dihasilkan dapat berumur lebih lama sehingga dapat dimampatkan dalam tabung khusus dan disimpan sebagai cadangan bahan bakar. Dalam volume besar, dapat digunakan sebagai oven pemanas, burner, las dan sebagai *production center* hidrogen bagi pemakaian fuel cell (pengganti baterai masa depan)

Generator HHO yang tepat dimanfaatkan untuk mesin berbahan-bakar diesel dan mesin berbahan-bakar bensin yang masih menggunakan karburator. Generator HHO dimana gas oksigen dan hidrogen bergabung menjadi satu sehingga jika berlebihan maka akan memicu sensor gas buang yang terhubung dengan sistem injeksi karena pembacaan kadar oksigen yang kaya pada gas buang.

Oleh sebab itu, maka tidak dibutuhkan pengaturan yang rumit pada sistem injeksi pada kendaraan. Cukup mengatur jumlah hidrogen yang dibutuhkan oleh mesin. Hal tersebut berbeda dengan generator HHO dimana gas oksigen dan hidrogen bergabung menjadi satu sehingga jika berlebihan maka akan memicu sensor gas buang yang terhubung dengan sistem injeksi karena pembacaan kadar oksigen yang kaya pada gas buang. Hal ini mengakibatkan injektor memasok lebih banyak bahan bakar karena menganggap bahwa mesin mengalami kekurangan pasokan bahan bakar dan akhirnya mesin menjadi tidak efisien atau malah menjadi boros.

2.4.3. Cairan Elektrolit.

Cairan elektrolit yang di gunakan dalam penelitian ini adalah air dari tanah / sumber air agar mudah didapatkan sebagai sumber penghasil HHO dengan proses Brown's gas, tanpa menggunakan katalis. Dengan asumsi digunakan untuk daerah terpencil sebagai energi cadangan maupun pokok yang multiguna pemanfaatannya HHO ini.

Pada penelitian proses Elektrolisis air ini tidak dapat mengkonversi 100% energi listrik menjadi energi kimia pada HHO. Proses ini memerlukan energinya yang jauh lebih besar untuk mengaktifkan air agar dapat terionisasi, apalagi tidak menggunakan katalis, sehingga jumlah energi yang diperlukan ini tidak sebanding dengan jumlah hidrogen yang dihasilkan. Dengan menggunakan metode elektrolisis biasa hanya beberapa persen saja produksi hidrogen yang dihasilkan dari air , untuk memperoleh HHO yang besar memang perlu menggunakan larutan elektrolit atau katalisnya untuk mempercepat proses elektrolisis. Larutan elektrolit merupakan suatu zat terlarut atau terurai ke dalam bentuk ion-ion dan selanjutnya larutan menjadi konduktor elektrik. Umumnya, air adalah pelarut (solven) yang baik untuk senyawa ion dan mempunyai sifat menghantarkan arus listrik. Contohnya apabila elektroda bereaksi dengan air murni, bola lampu tidak akan menyala karena air tersebut merupakan konduktor listrik yang sangat jelek. Apabila suatu senyawa ion yang larut seperti NaCl ditambahkan pada air, maka solutnya akan larut sehingga bola lampu mulai menyala dengan terang. Bila larutan elektrolit dialiri arus listrik, ion-ion dalam larutan akan bergerak menuju electrode dengan muatan yang berlawanan, melalui cara ini arus listrik akan mengalir dan ion bertindak sebagai penghantar, sehingga dapat menghantarkan arus listrik. Senyawa seperti NaCl yang membuat larutan menjadi konduktor listrik Proses oksidasi dan reduksi sebagai reaksi pelepasan dan penangkapan oleh suatu zat. Oksidasi adalah proses pelepasan elektron dari suatu zat sedangkan reduksi adalah proses penangkapan electron oleh suatu zat. Kekuatan dari suatu elektrolit simbulkan dengan suatu besaran yang disebut derajat ionisasi. Larutan elektrolit yang kuat memiliki harga $\alpha : 1$, Karena suatu zat yang dilarutkan maka akan terurai menjadi ion elektrolit yang lemah memiliki harga $\alpha < 1$, dikarenakan sebagian saja yang terurai menjadi ion.

2.5. Beban energi listrik pada proses Elektrolisis.

Gas HHO ini merupakan gas yang mudah terbakar, berdasarkan hal tersebut maka perlu di ketahui bahwa 1 Mol elektron = 1 Faraday = mempunyai muatan listrik sebesar

96500 Coulomb. Apabila muatan listrik (q) yang dibutuhkan berbanding lurus dengan mol elektronnya maka di rumuskan

$$q = n \cdot F$$

n = jumlah Mol elektron (Mol)

F = Muatan listrik per 1 Mol elektron (Coulom / Mol)

Coulomb ini merupakan satuan muatan listrik yang bisa diperoleh dengan perkalian pada arus listrik (Amper) dengan waktu yang dibutuhkan (detik) yang dirumuskan dengan

$$q = i \cdot t$$

yang mana i merupakan arus listrik dan t adalah waktu (detik), sehingga dapat dihubungkan antara Faraday, Amper dan Waktu yang dibutuhkan dalam elektrolisis yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Faraday} &= (\text{Amper} \times \text{Waktu (det)}) / 96500 \\ &= (I \times t) / 96500 \end{aligned}$$

dengan demikian dapat di ketahui besarnya Faraday melalui reaksi elektrolisis, yaitu Mol elektron yang dibutuhkan pada reaksi elektrolisis bisa ditentukan dengan memanfaatkan koefisien reaksinya pada masing-masing dengan setengah reaksi di katoda dan anodanya untuk mengetahui kuantitas produk elektrolisisnya.

Beban energinya merupakan langkah awal dalam merancang sistem pembangkit listrik dari Baterai dengan kapasitas 12 Volt 70 AH. Berapa besar energi listrik diberikan (E) pada produksi HHO tergantung pada daya (P) yang diserap, dalam waktu (T). Untuk memenuhi kebutuhan daya tersebut maka diperlukan perhitungan terhadap besar energi beban yang akan disuplainya sebesar

$$E = P \cdot \Delta t$$

Dimana:

E = Energi listrik	(Watt Hour)
P = Daya yang diberikan	(Watt)
Δt = Waktu	(hours)

2.6. Laju produksi gas HHO (*Browns's gas*)

Pada *Brown's gas* ini dapat cari laju produksi gas HHOnya atau debit yang satuannya mili liter merupakan pembagian dari volume yang diperoleh dari proses elektrolisis dapat dilihat pada gelas ukurnya saat penelitian dengan satuan mililiter dibagi waktu proses untuk menghasilkan gas HHOnya tersebut melalui persamaan dibawah ini :

$$Q = \frac{V}{t} \left[\frac{ml}{s} \right]$$

Dimana

Q = laju produksi (ml/s)

v = Volume gas HHO yang ditampung dalam gelas ukur (ml)

t = Waktu untuk menghasilkan gas HHO (s)

2.7. Efisiensi Generator

Dari perhitungan diatas maka datanya digunakan untuk mencari efisiensi dari kemampuan dari generatornya (η_{HHO}) saat digunakan untuk eksperimen yang hasilnya didapat dengan cara perkalian pada Q_{HHO} Laju produksi HHO dengan massa jenis dari gas HHO, dan Low Heating value yang merupakan nilai kalor bawah pada gas HHO (LHV) lalu dibagi laju produksi gas P_{HHO} kemudian dikalikan dengan 100%. Untuk mempermudah memahaminya bisa diperhatikan rumus di bawah ini.

$$\eta_{HHO} = \frac{Q_{HHO} \times \rho_{HHO} \times LHV_{HHO}}{P_{HHO}} \times 100\%$$

Dimana

ρ_{HHO} = Massa jenis gas HHO (gr / lt)

LHV = Low Heating Value, nilai kalor bawah gas HHO (13250 J / gr)

P_{HHO} = (J / s)

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III

KERANGKA KONSEP PENELITIAN

3.1. Arus Listrik.

Merupakan banyaknya muatan listrik (*elektron*) yang mengalir dalam rangkaian pada waktu tertentu, pada arus DC ini aliran elektronnya searah saja, kekuatan arusnya yaitu jumlah muatan yang mengalir melalui penampang pada elektrode persatuan waktu yang dirumuskan sebagai berikut ini.

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

Dimana : I = Kekuatan arusnya

Δq = Jumlah muatan yang mengalir (C)

Δt = Waktu (s)

Arus listrik yang bergerak dari terminal positif (+) ke negatif (-) sedangkan aliran listrik dalam katoda terdiri dari aliran elektron bergerak dari terminal (-) ke (+), arahnya arus listrik dianggap berlawanan dengan arah gerakan elektron. Kekuatan arus listrik dipengaruhi oleh banyak sedikitnya elektron bebas yang berpindah melalui suatu penampang lembaran elektroda dan anodanya dalam satuan waktu. Rapat arus merupakan besarnya arus listrik tiap-tiap mm² luas penampang elektroda dan katodanya yang mempengaruhi pada kenaikan temperatur (Tobing, 1996).

3.2. Hambatan / Resistansi.

Merupakan kemampuan pada suatu benda untuk memakan aliran arus listrik dalam sirkuit tidak sepenuhnya *Power Supply* dapat digunakan semuanya, secara bebas, ada hambatan yang terjadi / efek tertentu pada bahan sirkuitnya dikarenakan atom-atomnya akan bertumbukan dengan elektron-elektronnya, sehingga laju dan kecepatan elektron menjadi berkurang.

Karena kuat arus dihitung berdasarkan banyaknya dan kecepatan elektronnya, jadi bila jumlah elektron dan kecepatannya berkurang maka secara otomatis kekuatannya arus yang mengalir berkurang juga dalam suatu hambatan. Hambatan ini dipengaruhi oleh luas penampang yang mempengaruhi banyaknya elektron yang dikandungnya.

Menurut Adi. K (2009) yaitu salah satu faktor yang mempengaruhi laju reaksi pada elektrolisis yaitu luas permukaan bidang sentuhnya, oleh sebab itu maka laju reaksi juga

semakin bertambah sehingga luas permukaan bidang sentuh berbanding lurus dengan laju reaksi.

Tetapi bagaimana bila tegangan dan arus listriknya sesuai di baterai sedang yang dirubah-rubah adalah luas bidang sentuhnya elektroda terhadap produksi hidrogennya? Bagaimana pengaruh produksi hidrogen bila arusnya berubah seiring perubahan waktu proses elektrolisisnya? Bagaimana kesesuaian antara sumber arus listrik dengan Elektrodanya dan hasil produksi dari HHO yang paling optimal.

3.3. Proses Elektrolisis Air.

Pembuatan gas hidrogen dengan elektrolisis memanfaatkan air sebagai sumbernya sebenarnya sudah lama dipelajari, bagaimana upaya untuk meningkatkan efisiensinya, sehingga perlu diteliti lagi agar diperoleh keseimbangan energi yang dikeluarkan dengan hidrogen yang diperolehnya.

Berbagai cara untuk meningkatkan efisiensi pada proses elektrolisis untuk menghasilkan hidrogen yang lebih besar, mulai dengan memvariasikan jenis konsentrasi elektrolit, membuat katalis dan memodifikasi elektrodanya, namun kadar hidrogen dalam air tersebut sudah bisa di perkirakan kapasitasnya, oleh sebab itu bagaimana mencari penyelesaian / mengoptimalkan dengan energi yang digunakan untuk mengurai H_2O yang hanya dengan baterai pada 12 Volt 70 Amper saja ini diperoleh hidrogen yang maksimal. Dari segi ekonomis maupun teknis proses elektrolisis yang menggunakan air ini memang masih belum berimbang, tapi bila dihadapkan dengan keperluannya memang masih relevan karena pendukung untuk memenuhi kebutuhan hidup terutama di daerah yang dipinggiran yang minim terhadap energi fosil.

Proses Elektrolisis ini adalah perubahan secara kimia yaitu suatu reaksi yang dilakukan oleh adanya arus listrik yang mengakibatkan terjadinya larutan dalam pelarut polar pada air dengan terdisosiasi menjadi ion-ion positif (kation-kation) dan ion-ion negatif (*anion-anion*). Pada ion negatif akan tertarik pada muatan positif pada anoda dan ion positif akan tertarik muatan negatif pada katoda. Air ini merupakan pelarut yang sifatnya polar yaitu memiliki muatan diujung molekulnya yang bermuatan positif dan negatif. Pada proses elektrolisis ini terjadi perubahan dari energi listrik ke energi kimia.

Pada reaksi reduksi-oksidasi ketergantungan partikel yang bermuatan penghantar muatan listrik, apalagi air ini merupakan elektrolit yang sangat lemah sehingga sangat mudah terjadi ionisasi menjadi ion-ion H^+ dan $-OH$. Karena air yang mempunyai sifat sebagai elektrolit yang lemah maka ion-ion pada H^+ dan $-OH$ di larutkan meski hanya

antara 10 hingga 7 Mol, jadi pada elektrolisis ini masih lambat prosesnya. Untuk itu perlu diteliti bagaimana mengoptimalkan prosesnya agar menghasilkan hidrogen sesuai yang diharapkan.

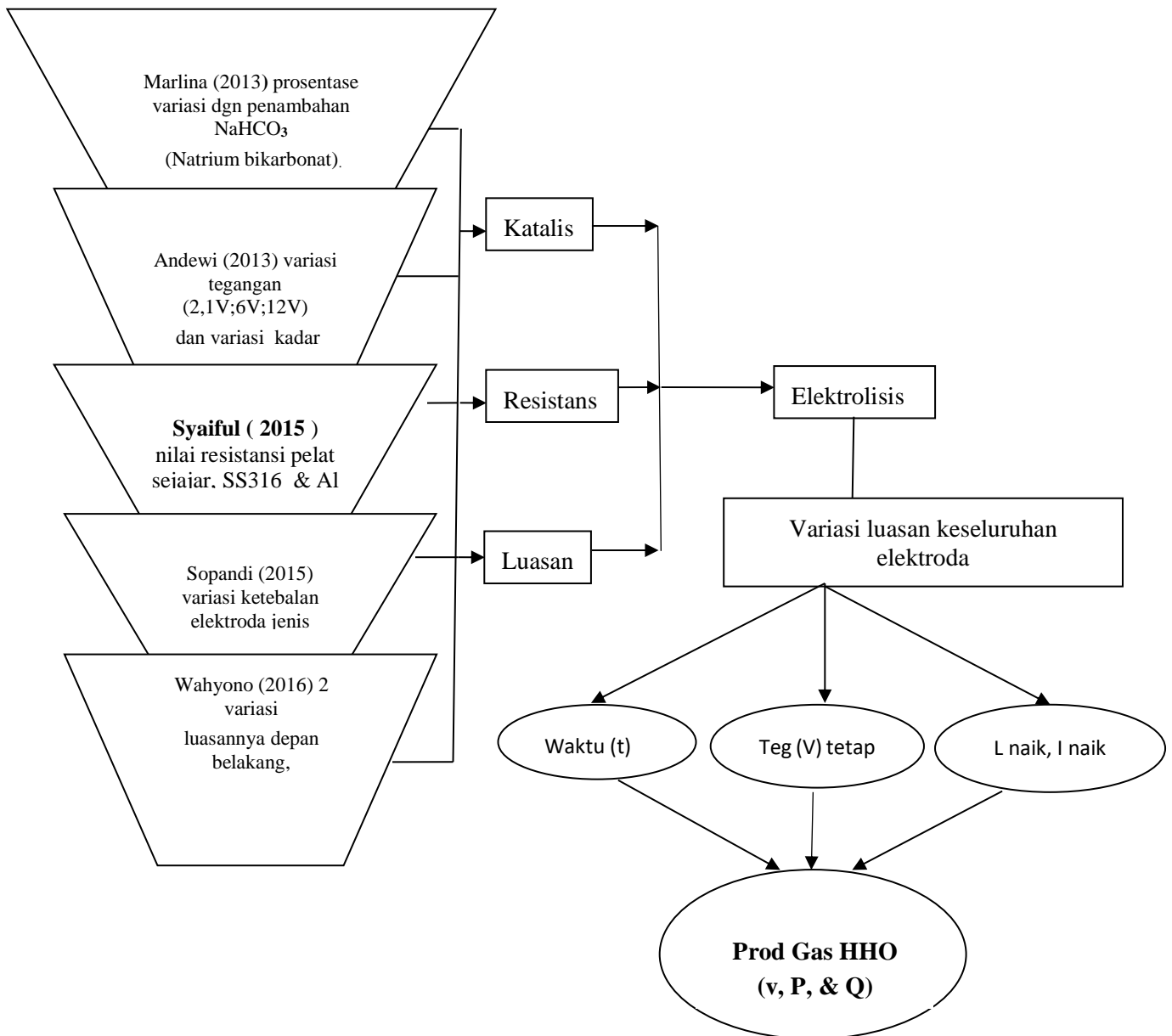
Proses elektolisis yang menggunakan media berupa air, pada kationnya H^+ akan mengumpul di anoda yang sifatnya asam dan anion $-OH$ nya mengumpul di katoda yang sifatnya basa. Hal tersebut dapat dilihat pada indikator yang dipasangnya ini dapat dibuktikan dengan menambahkan suatu indikator dalam proses tersebut. bagaimana bila luasan pada katodanya dirubah terhadap produksi HHO nya, apakah berpengaruh terhadap waktu yang diperlukan elektrolisis bila baterai 12 Volt 70 AH digunakan terus menerus. Bagaimana hasil produksi HHO nya bila cairan elektrolitnya dalam kondisi dialirkan / diganti terus menerus.

Untuk mengikuti terjadinya suatu perubahan luasan , aliran listriknya, dan aliran cairan elektrolitnya dapat diteliti baik secara kualitatif maupun kuantitatif HHO nya. Perubahan luasan katodanya diharapkan memberikan suatu informasi kualitatif maupun kuantitatif dalam suatu sel elektrolisis dan perilaku sel elektrolisis ditentukan oleh jumlah muatan yang telah dialirkan pada sel elektrolisis itu.

3.4. Mekanisme Cara Kerja Elektroliser

Penelitian elektrolisis ini menggunakan sumber energi dari sebuah baterai 12 Volt 70 AH kemudian dialirkan listriknya ke elektroliser untuk memproses air secara elektrokimia, tapi sebelum masuk elektroliser dipasang alat (*display*) untuk membaca besarnya arus yang mengalir ke elektrode dan besarnya tegangan. Setelah terjadi proses elektrokimia di elektroliser maka hasilnya berupa HHO dialirkan melalui selang menuju tabung filter yang kemudian dialirkan alat ukur volume HHOnya sehingga dapat di baca volume dari gelas ukur tersebut. Skema proses elektrolisis ini dapat di lihat pada gambar di bawah ini.

Kerangka Pemikiran



Gambar 4. Kerangka Pemikiran

Dari beberapa penelitian tentang elektrolisis sebelumnya meneliti dari berbagai segi yang mempengaruhi kuantitas HHOnya antara lain dari segi katalisnya, beda potensial, nilai resistansinya, ketebalan elektroda dan permukaannya. Hal tersebut dapat disimpulkan menjadi 3 faktor utama yang mempengaruhi proses elektrolisis yaitu katalis, resistansi, dan Luasan elektrodanya. Luasan di elektrodalah faktor yang sangat berpengaruh dalam produksi HHO pada proses elektrolisis ini, karena dengan perubahan luasan akan mempengaruhi perubahan arus listriknya, volume HHO, daya listriknya, dan produktifitasnya HHOnya.

3.5. Hipotesis Penelitian

Berdasarkan kerangka pemikiran diatas maka proses elektrolisis tersebut produktifitasnya dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain katalis, resistansi, dan luasan elektroda. Bila diperhatikan beberapa penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa banyaknya kandungan katalis akan mempercepat proses elektrolisis. Jika resistansinya dipengaruhi kemampuan jenis bahan tersebut menghantarkan elektronnya dari anoda ke katodanya. Berikutnya yaitu pengaruh luasan elektroda pada proses elektrolisis untuk menghasilkan HHO yang optimal dihadapkan energi yang di gunakan dari sebuah baterai 12 Volt 70 AH. Kesesuaian antara elektroda dengan generator yang digunakan untuk proses elektrolisis sehingga memperoleh efisiensi yang maksimal produksi HHOnya.

Proses elektrolisis tersebut bila di variasikan luasan elektrodanya maka akan mempengaruhi hasil produksi gas HHOnya disebabkan oleh beberapa faktor antara lain yaitu dengan berubahnya luasan maka akan mempengaruhi penyerapan arus listrik yang mengalir dari baterai ke elektrode, makin luas elektrodanya maka akan semakin besar serapan arus listriknya, begitu juga sebaliknya.

Bila dihadapkan dengan kapasitas baterai 12 Volt 70 AH maka serapan energinya bisa di sesuaikan dengan kebutuhan / penggunaannya. Baik itu dalam proses panjang namun tdk terlalu besar dan pendek namun energinya besar. Agar ketepatan penggunaannya sesuai dengan kebutuhan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Tempat dan Waktu Penelitian.

Penelitian ini merupakan penelitian experimental bertempat di laboratorium konversi energi yang pelaksanaannya di labolatorium Poltekad TNI AD dan waktu proses penelitian ini sejak dilaksanakannya perkuliahan usulan tesis.

4.2 Metode Penelitian.

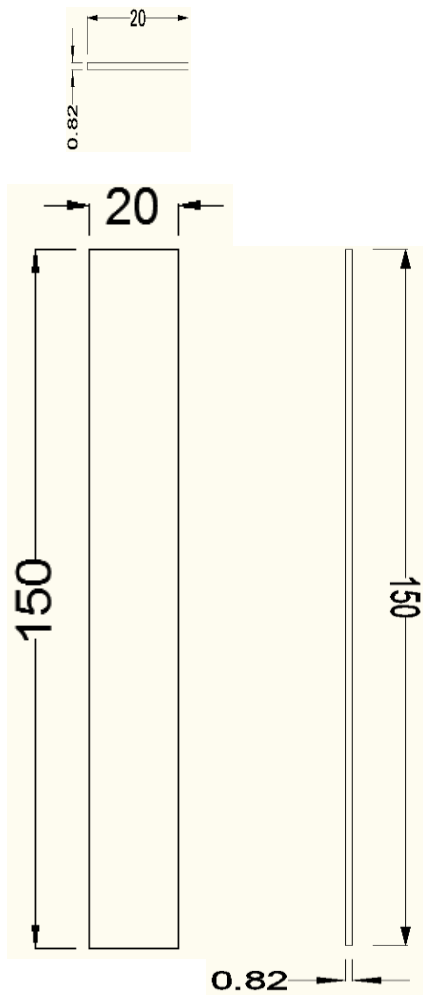
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan metode eksperimen di laboratorium untuk mengetahui hasil produksi gas HHOnya terhadap variasi luasan. Luasan yang dimaksud ini mengukur luasnya berbagai sisi baik sisi permukaan depan belakang juga samping kanan kiri atas bawah dan untuk mengurangi adanya faktor *resistensinya* maka penelitian ini tidak menggunakan sambungan atau langsung dari sumber listriknya ke elektrodanya. Bahan yang digunakan untuk elektroda ini yaitu dari plat dengan ketebalan 0,82 mm *Stainless Steel* jenis / tipe 420 dengan kandungan dominan komposisinya (Ni: 1,65 – 2,00, Cr: 0,40 – 0,90 Mo: 0,20 – 0,30) dan energinya diperoleh dari sebuah baterai 12 Volt 70 AH.

4.3 Variabel.

Adapun variabel-variabel yang digunakan didalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

4.3.1. Variabel bebas

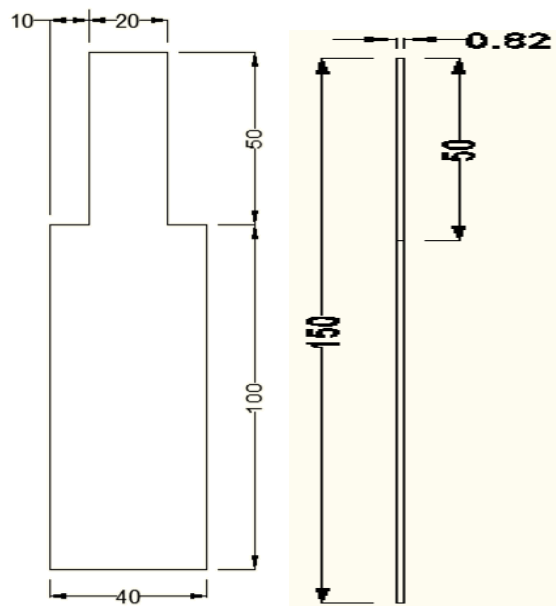
Dalam penelitian ini menentukan variabel bebasnya yaitu menentukan variabel luasan katodanya, karena bentuk elektroda yang direncanakan untuk penelitian ini disesuaikan dengan elektrolisernya dan penutupnya terbuat dari penutup pipa PVC dengan ukuran 4 Dim



Gambar 6. Luasan Spesimen I

Luasan Elektroda I :

$$\begin{aligned}
 (20 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}) \times 2 &= 6.000 \text{ mm}^2 \\
 (150 \text{ mm} \times 0,82 \text{ mm}) \times 2 &= 246 \text{ mm}^2 \\
 (20 \text{ mm} \times 0,82 \text{ mm}) &= 16,4 \text{ mm}^2 \\
 \hline
 \text{Luas Total} &= 6.413,4 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$



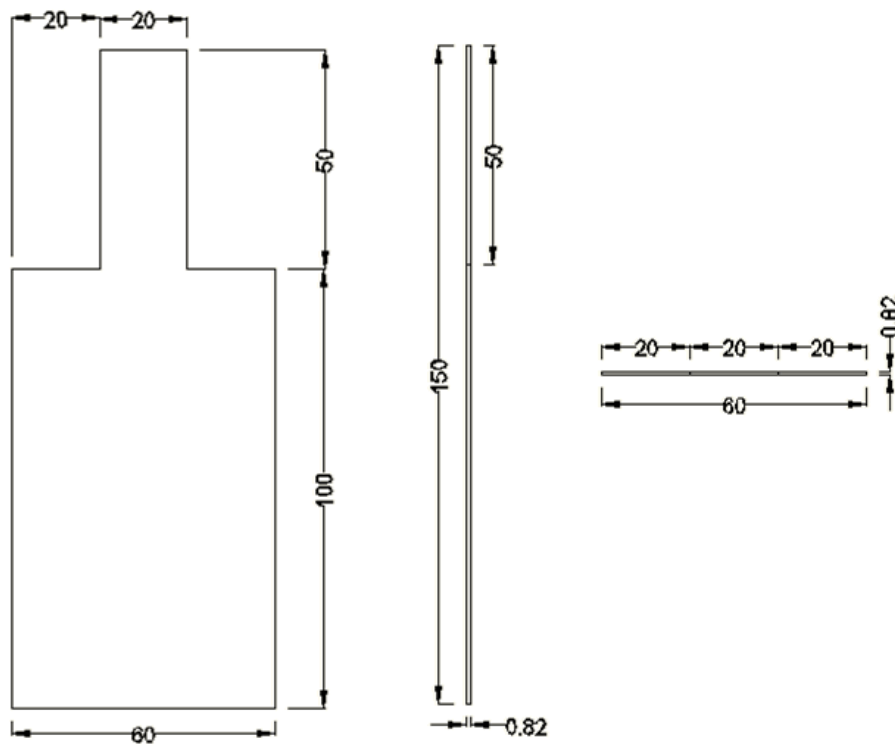
Gambar 7. Luasan Spesimen II

Luasan Elektroda II :

$$\begin{aligned} \text{a.} \quad & (20 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}) \times 2 = 2000 \text{ mm}^2 \\ & (40 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}) \times 2 = 8000 \text{ mm}^2 \quad + \\ & \hline & 10.000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b.} \quad & 40 \text{ mm} \times 0,82 \text{ mm} = 3,28 \text{ mm}^2 \\ & (10 \text{ mm} \times 0,82 \text{ mm}) \times 2 = 16,4 \text{ mm}^2 \\ & (50 \text{ mm} \times 0,82 \text{ mm}) \times 2 = 8,5 \text{ mm}^2 \quad + \\ & \hline & 28,18 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Luas Tot} = \text{a} + \text{b} = 10.000 \text{ mm}^2 + 28,18 \text{ mm}^2 = 10.028,18 \text{ mm}^2$$

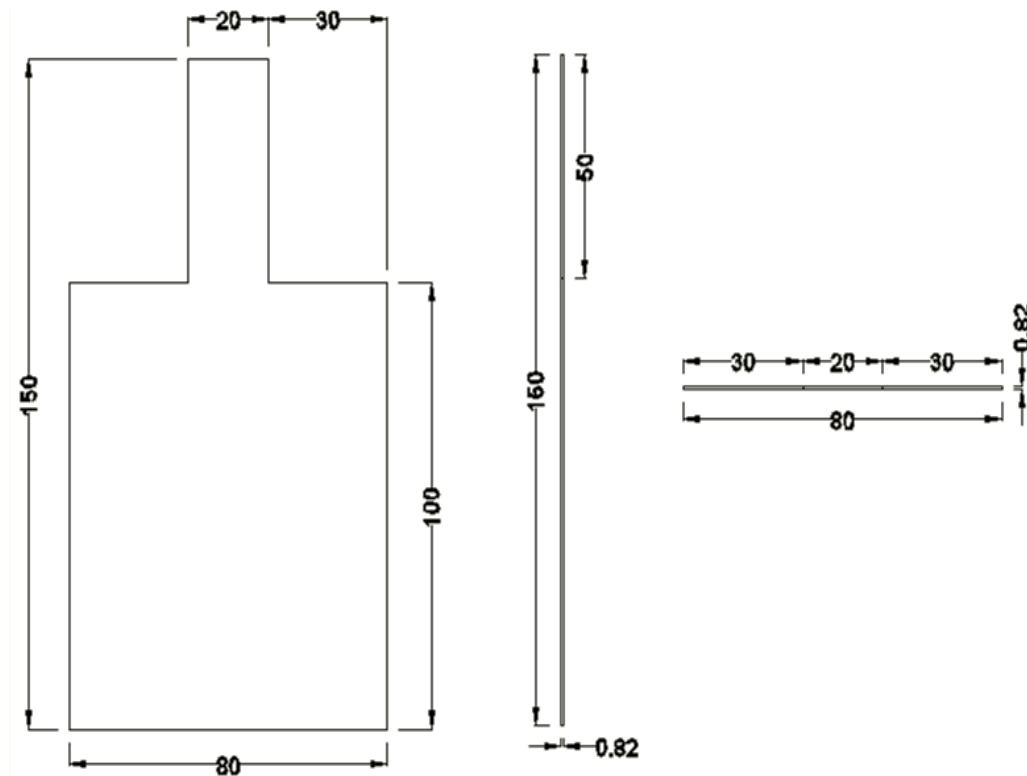


Gambar 8. Luasan Spesimen III

Luasan Elektroda III :

$$\begin{aligned}
 (20 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}) \times 2 &= 2.000 \text{ mm}^2 \\
 (60 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}) \times 2 &= \frac{12.000 \text{ mm}^2 +}{14.000 \text{ mm}^2} \\
 (60 \text{ mm} \times 0,82 \text{ mm}) &= 49,2 \text{ mm}^2 \\
 (100 \text{ mm} \times 0,82 \text{ mm}) \times 2 &= 164 \text{ mm}^2 \\
 (20 \text{ mm} \times 0,82 \text{ mm}) \times 2 &= 32,8 \text{ mm}^2 \\
 (50 \text{ mm} \times 0,82 \text{ mm}) \times 2 &= \frac{82 \text{ mm}^2 +}{328 \text{ mm}^2}
 \end{aligned}$$

$$\text{Luas Tot} = 14.000 \text{ mm}^2 + 344,4 \text{ mm}^2 = 14.328 \text{ mm}^2$$



Gambar 9. Luasan Spesimen IV

Luasan Elektroda IV :

$$(20 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}) \times 2 = 2.000 \text{ mm}^2$$

$$(80 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}) \times 2 = \frac{16.000 \text{ mm}^2 +}{18.000 \text{ mm}^2}$$

$$(80 \text{ mm} \times 0,82 \text{ mm}) = 65,6 \text{ mm}^2$$

$$(100 \text{ mm} \times 0,82 \text{ mm}) \times 2 = 164 \text{ mm}^2$$

$$(30 \text{ mm} \times 0,82 \text{ mm}) \times 2 = 49,2 \text{ mm}^2$$

$$(50 \text{ mm} \times 0,82 \text{ mm}) \times 2 = \frac{82 \text{ mm}^2 +}{360,8 \text{ mm}^2}$$

$$\text{Luas Tot} = 14.000 \text{ mm}^2 + 360,8 \text{ mm}^2 = 14.360,8 \text{ mm}^2$$

4.3.2. Variabel terikat

- a. Arus listrik yang akan dialirkan
- b. Volume air yang digunakan untuk mengambil data pada proses elektrolisis

4.4. Alat dan Bahan Penelitian.

- a. Rangkaian Tabung elektrolisis dari Mika bening.
- b. Stainless steel katoda dan anodanya bervariasi luasannya
- c. Selang saluran HHO
- d. Baterai 12 Volt 70 AH
- e. Kabel penghubung dari baterai ke tabung Elektrolisis
- f. Air Elektrolisis.
- g. Avometer
- h. Gelas ukur.
- i. Alat tulis.
- j. Charger Baterai.
- k. Jam

Bahan tabung yang digunakan pada penelitian ini dirancang dengan memilih bahan yang bening supaya bisa diamati secara langsung proses elektrolisis beserta perubahannya, sedangkan rancangan pada bagian bawah sengaja dibuat saluran listriknya untuk mensiasati terjadi pengurangan volume air saat proses elektrolisis katoda dan anoda tetap terendam air sedangkan bagian atasnya dirancang untuk saluran hidrogen hasil elektrolisis. Dampak yang diakibatkan pada proses elektrolisis ini terhadap tabung yaitu timbulnya panas, sehingga dalam pemilihan bahan tabung elektrolisisnya tahan panas dan bersifat isolator agar tidak terjadi korsleting listriknya.

4.4.2. Baterai.

Sebagai sumber energi listrik searah (DC) dalam proses elektrolisis ini menggunakan baterai 12 Volt 70 AH.

4.4.3. Tabung Filter.

Tabung filter ini bisa diisi dengan air yang dapat, berguna agar aliran HHO bila berkurang tidak kembali / *flashback* ke elektrolisisnya.

4.4.4. Alat Ukur

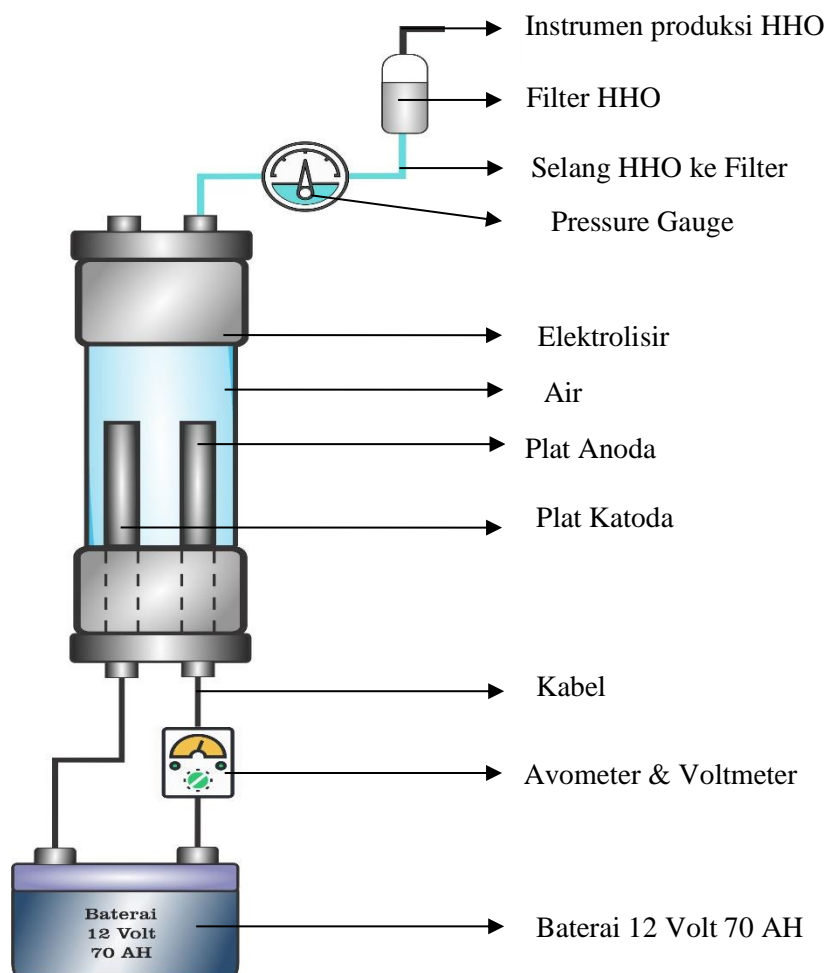
Dalam penelitian ini ada beberapa alat ukur yang digunakan antara lain voltmeter, amperemeter, barometer, dan jam.

4.4.5. Selang Saluran gas HHO. Menyalurkan hasil elektrolisis dari tabung ke gelas ukur HHO.

4.4.6. Kabel. Mengalirkan arus listrik dari baterai ke katoda dan anodanya pada tabung elektrolisis.

4.5. Instalasi pengujian

Proses instalasi pengujian dapat diperhatikan gambar di bawah berikut bagaimana proses pengambilan data dalam pengujian dalam penelitian yang telah dilaksanakan



Gambar 10. Instrumen pengujian

4.6. Prosedur Pengujian

Pada generator di atas merupakan alat yang di gunakan dalam penelitian / eksperimen dalam rangka mengamati proses penguraian air dengan melalui elektrokimia menggunakan energi aliran listrik searah (DC) dari baterai 12 Volt 70 AH yang disambungkan dengan kabel positif berwarna merah dan kabel negatif berwarna hitam. Sebelum dihubungkan dengan elektroda (anoda dan katoda) maka kabel tersebut dipasang alat pengukur tegangan dan arus listrik secara digital yang mengalir dari baterai menuju ke anoda dan katoda dapat diamati dilayar monitor secara akurat.

Proses elektrolisis akan berlangsung bila kabel dari baterai dihubungkan dengan anoda dengan kutub positif dan katodanya dengan kutub negatif pada elektrolisernya yang didesain dapat diganti atau diubah sesuai variasi luasan yang ditentukan pada penelitian ini. Pemasangan elektroda pada generatornya disengaja didesain dapat dilepas pasang / tidak permanen karena pemasangannya dengan sistem ulir yang diletakan di bawah agar terkondisi elektroda tersebut senantiasa tercelup air meskipun air tersebut berkurang.

Selama proses reaksi berlangsung dapat di amati dari luar secara langsung karena bahan yang digunakan pada elektrolisernya / generatornya terbuat dari akrilik yang bening sehingga fenomena warna air dan gelembungnya yang bereaksi pada elektrolisis selama proses berlangsung dapat di rekam serta dapat menahan panas yang ditimbulkan proses tersebut.

Hasil reaksi dari generator berupa gas HHO yang mengalir ke atas disalurkan lubang saluran gasnya berupa selang menuju filter. Filter ini dipasang untuk mencegah terjadinya gas HHO itu *flashback*.

Setelah dari filter kemudian selang disalurkan menuju gelas ukur dalam skala mililiter. Dari sini maka dapat dilihat banyak sedikitnya produksi HHOnya yang dihasilkan generator tersebut dalam kurun waktu menit ataupun detik dalam penghitungannya.

4.7 Proses Pengambilan Data

Proses pelaksanaan pengambilan data :

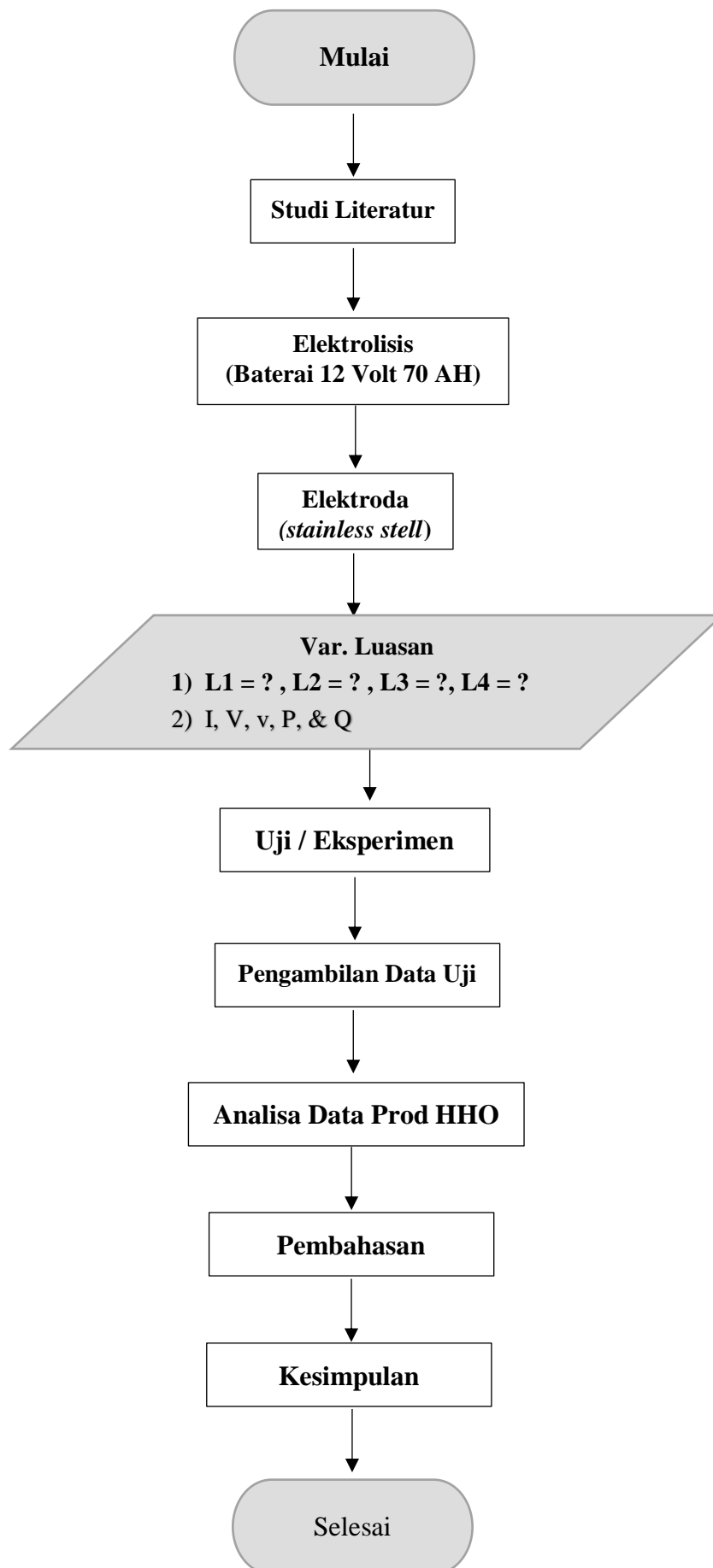
- a. Hubungkan kabel masing-masing panel ke baterai serta pada alat pengujian, dan pengukuran tegangan dan arus listrik.
- b. Bisa dilihat besarnya tegangan DC yang terjadi dan arus yang mengalir dari baterai ke elektrodanya pada skala 12 Volt 70 AH.

- c. Hubungkan alat ukur tersebut diatas dengan baterai dimana kabel merah dengan kutup panel dan positif kabel hitam dengan dengan kutup positif baterai.
- d. Catat hasil pengukuran / rekam untuk masing-masing nilai pada alat ukur (waktu prosesnya, arus yang mengalir, dan tegangan yang terjadi serta volume gas HHO nya).

4.8. Yang mendasari teori memvariabelkan luasan karena hal tersebut apabila yang tersentuh lapisan permukaan elektrodanya dalam air makin banyak maka akan bertambah pula elektron yang tertransfer dari anoda ke katodanya, hal tersebut menyebabkan banyak sedikitnya produksi gas HHO nya tergantung dari banyaknya elektron yang tertransfer dari anoda ke katoda saat terjadi proses elektrolisis.

4.9. Analisa Data

Data-data yang diperoleh dari hasil eksperimen / pengujian dianalisa. Analisa data disusun sesuai dengan tujuan penelitian ini baik berupa grafik maupun tabel-tabel data hasil perhitungan hasil uji dihadapkan dengan teori-teori yang ada sehingga diperoleh kesimpulan tentang penelitian tersebut.

4.10. Diagram Alir

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Umum.

Sebelum membahas tentang penelitian ini perlu diketahui karakteristik rancang bangun pada generatornya terutama pada bagian Elektrodanya, kemudian dilaksanakan penelitian secara experimental di laboratorium Poltekad TNI AD, dengan menguji berbagai rancangan variasi luasan Elektrodanya, untuk memperoleh berbagai data sebagai bahan dianalisa beserta fenomena.

5.2. Data Spesifikasi Teknis Elektrolisernya

Bahan Elektrodanya diusahakan yang banyak dipasaran dan tahan lama, supaya mudah diperoleh saat dibutuhkannya. *Stainless steel* dengan ketebalan 0,82 mm, jenis/tipe 420 dengan kandungan dominan komposisinya (Ni: 1,65 – 2,00, Cr: 0,40 – 0,90 Mo: 0,20 – 0,30)

Sumber daya elektrolisis berasal dari baterai	: 12 Volt 70 AH
Kapasitas volume air elektroliser	: 1350 ml
Variasi luasan katoda dan anoda	: L1 = 6.413,4 mm ² L2 = 10.028,18 mm ² L3 = 14.328 mm ² L4 = 14.360,8 mm ²

Waktu yang dibutuhkan untuk proses elektrolisis yang menggunakan baterai 12 Volt 70 AH berdasarkan luasnya elektroda sesuai varian dengan mengambil waktu hingga 295 menit atau 17.700 detik. Volume, arus listrik, dan tegangannya terjadi serta dayanya saat penelitian yang telah dilaksanakan pada proses elektrolisis ini dicatat tiap 15 menit sekali dan hasilnya berbeda-beda antara luasan satu dengan lainnya bila diamati berdasarkan luasnya elektroda sesuai variasinya, hal ini dapat diamati melalui gelas ukur untuk volumenya dan arus listrik serta tegangannya terdapat pada alat ukur digital ampermeter maupun voltmeter. Pembahasan mengenai perubahan yang dihasilkan berdasarkan penelitian ini antara lain :

5.3. Pembahasan Hasil Penelitian

Pembahasan ini meliputi dari aspek kajian pengaruh dari luasan Elektroda terhadap elektrolisis pada waktu yang telah ditentukan dalam proses penelitian ini hingga 295 menit, yang kemudian fenomena yang terjadi pada volume (ml), tegangannya (Volt), dan Arus yang mengalir (amper) selama proses tersebut dicatat perkembangannya setiap 15 menit.

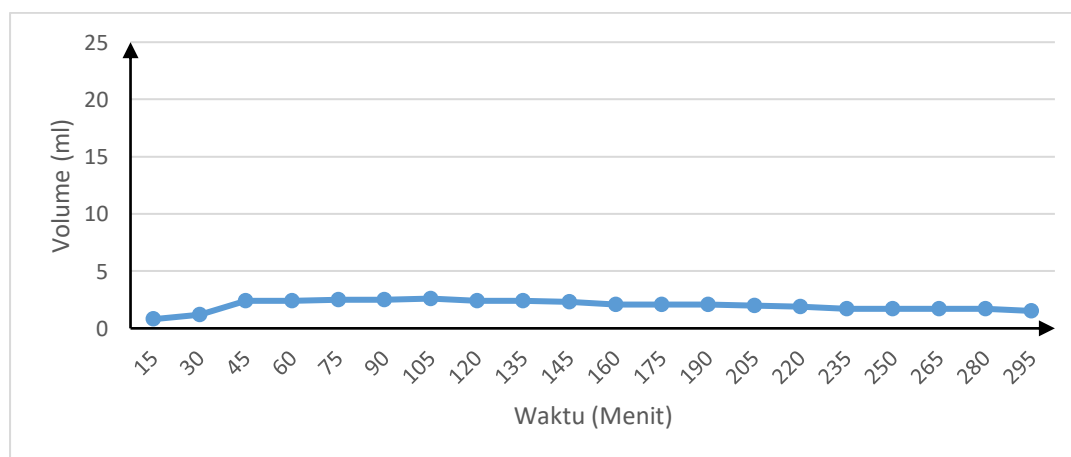
5.3. 1. Analisa Volume dari variasi Pertama ($L_1 = 6.413,4 \text{ mm}^2$)

Berdasarkan tabel di bawah ini merupakan hasil eksperimen yang dicatat setiap 15 menit / 900 detik pelaksanannya selama 295 menit batasan waktu yang ditentukan, menunjukkan bahwa pada 15 menit pertama volumenya sebesar 0,8 ml semakin meningkat hingga menit ke 105 mencapai puncaknya sebesar 2,6 ml kemudian terjadi penurunan secara pelan-pelan sampai 1,5 ml pada menit ke 295 begitu seterusnya. Bila dari sudut tegangannya terjadi stagnan 12,9 hingga 1 jam pertama lalu terjadi tren penurunan menjadi 12,8 volt hingga akhir penelitian, begitu juga pada arus listriknya terjadi stagnan 0,06 amper dari awal hingga menit ke 250, baru kemudian menurun pada 0,05 volt sampai akhir penelitiannya.

Tabel 5.3.1. Hasil Penelitian pada Variabel 1.

NO	WKT (menit)	WKT (S) (Det)	VOL KE (ml)	VOL (ml)	TEG (V)	ARUS (A)	P ke (V x A)	P (Daya) (V x A)	Q ke (ml/s)	Q (ml/s)
1	15	900	0,8	0,8	12,9	0,06	0,774	0,774	0,053	0,053
2	30	1800	1,2	2	12,9	0,06	0,774	1,548	0,040	0,067
3	45	2700	2,4	4,4	12,9	0,06	0,774	2,322	0,053	0,098
4	60	3600	2,4	6,8	12,9	0,06	0,774	3,096	0,040	0,113
5	75	4500	2,5	9,3	12,8	0,06	0,768	3,864	0,033	0,124
6	90	5400	2,5	11,8	12,8	0,06	0,768	4,632	0,028	0,131
7	105	6300	2,6	14,4	12,8	0,06	0,768	5,4	0,025	0,137
8	120	7200	2,4	16,8	12,8	0,06	0,768	6,168	0,020	0,140
9	135	8100	2,4	19,2	12,8	0,06	0,768	6,936	0,018	0,142
10	145	8700	2,3	21,5	12,8	0,06	0,768	7,704	0,016	0,148
11	160	9600	2,1	23,6	12,8	0,06	0,768	8,472	0,013	0,148
12	175	10500	2,1	25,7	12,8	0,06	0,768	9,24	0,012	0,147
13	190	11400	2,1	27,8	12,8	0,06	0,768	10,008	0,011	0,146
14	205	12300	2	29,8	12,8	0,06	0,768	10,776	0,010	0,145
15	220	13200	1,9	31,7	12,8	0,06	0,768	11,544	0,009	0,144
16	235	14100	1,7	33,4	12,8	0,06	0,768	12,312	0,007	0,142
17	250	15000	1,7	35,1	12,8	0,06	0,768	13,08	0,007	0,140
18	265	15900	1,7	36,8	12,8	0,05	0,64	13,72	0,006	0,139
19	280	16800	1,7	38,5	12,8	0,05	0,64	14,36	0,006	0,138
20	295	17700	1,5	40	12,8	0,05	0,64	15	0,005	0,136

Pengaruh volume HHO yang dihasilkan terhadap waktu dapat diamati sesuai dengan gambar dibawah yang diperoleh datanya dari gelas ukur yang disambungkan dengan sistem pada elektrolisis berdasarkan luasnya Elektroda variasi L1 yaitu sebagai berikut :



Gambar 5.3.1. Produksi HHO dengan luasan elektroda I

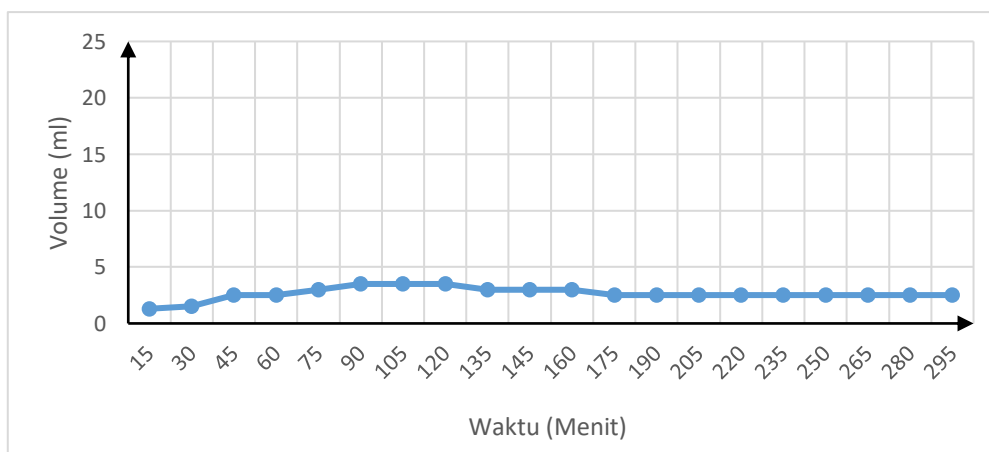
Variasi pertama ini mulai disalurkan arus listrik dari baterai ke elektroda dengan luasan $6.413,4 \text{ mm}^2$ jeda lamanya dalam pengambilan datanya tiap 15 menit, pada saat pengambilan data pertama kurang lebih volumenya yaitu 0,8 ml. Tiga puluh menit berikutnya volume meningkat dengan drastis dan meningkat terus hingga mencapai puncaknya/maksimalnya yaitu menit ke 105 sebesar 2,6 ml, setelah itu terjadi fenomena penurunan volumenya hingga sampai menit ke 295 menurun terus karena daya di baterai mulai menurun juga.

5.3.2. Analisa Volume dari Variasi Kedua ($L_2 = 10.028,18 \text{ mm}^2$)

Pada tabel variabel kedua di bawah ini hasil eksperimen yang catat setiap 15 menit / 900 detik selama 295 menit batasan waktu yang ditentukan, menunjukkan bahwa pada 15 menit pertama volumenya sebesar 1,3 ml setelah itu semakin meningkat 1,5 pada menit ke-30, kemudian terjadi peningkatan secara signifikan pada menit ke-75 sebesar 3 ml hingga puncaknya mencapai 3,5 ml bertahan hingga 45 menit, kemudian terjadi penurunan secara pelan-pelan jadi 3 sampai 2,5 ml hingga menit ke 295 begitu seterusnya. Bila dari sudut tegangannya terjadi stagnan 12,9 hingga 1 jam pertama lalu terjadi tren penurunan menjadi 12,8 Volt hingga akhir penelitian, begitu juga pada arus listriknya terjadi stagnan 0,07 Amper dari awal hingga menit ke 105, baru kemudian menurun 0,06 Volt bertahan hingga 100 menit setelah itu terjadi penurunan hingga 0,05 ml sampai akhir penelitiannya.

Tabel 5.3.2. Hasil Penelitian pada Variabel ke-2

NO	WKT (menit)	WKT (S)(Det)	VOL KE (ml)	VOL	TEG (V)	ARUS (A)	P(Watt) (V x A)	P = V x A Watt	Q Ke (ml/s)	Q (ml/s)
1	15	900	1,3	1,3	12,9	0,07	0,903	0,903	0,0867	0,0867
2	30	1800	1,5	2,8	12,9	0,07	0,903	1,806	0,0500	0,0933
3	45	2700	2,5	5,3	12,9	0,07	0,903	2,709	0,0556	0,1178
4	60	3600	2,5	7,8	12,9	0,07	0,903	3,612	0,0417	0,13
5	75	4500	3	10,8	12,8	0,07	0,896	4,508	0,0400	0,144
6	90	5400	3,5	14,3	12,8	0,07	0,896	5,404	0,0389	0,1589
7	105	6300	3,5	17,8	12,8	0,07	0,896	6,300	0,0333	0,1695
8	120	7200	3,5	21,3	12,8	0,06	0,768	7,068	0,0292	0,1775
9	135	8100	3	24,3	12,8	0,06	0,768	7,836	0,0222	0,18
10	145	8700	3	27,3	12,8	0,06	0,768	8,604	0,0207	0,1883
11	160	9600	3	30,3	12,8	0,06	0,768	9,372	0,0188	0,1894
12	175	10500	2,5	32,8	12,8	0,06	0,768	10,140	0,0143	0,1874
13	190	11400	2,5	35,3	12,8	0,06	0,768	10,908	0,0132	0,1858
14	205	12300	2,5	37,8	12,8	0,06	0,768	11,676	0,0122	0,1844
15	220	13200	2,5	40,3	12,8	0,06	0,768	12,444	0,0114	0,1832
16	235	14100	2,5	42,8	12,8	0,05	0,640	13,084	0,0106	0,1821
17	250	15000	2,5	45,3	12,8	0,05	0,640	13,724	0,0100	0,1812
18	265	15900	2,5	47,8	12,8	0,05	0,640	14,364	0,0094	0,1804
19	280	16800	2,5	50,3	12,8	0,05	0,640	15,004	0,0089	0,1796
20	295	17700	2,5	52,8	12,8	0,05	0,640	15,644	0,0085	0,179



Gambar 5.3.2. Produksi HHO dengan luasan elektroda II

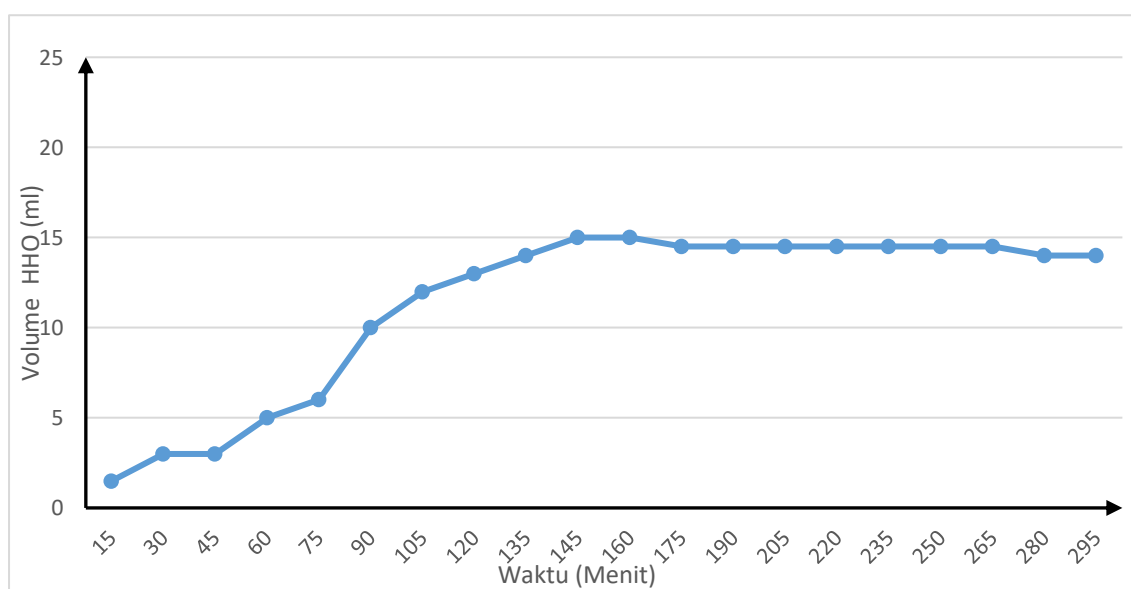
Mulai disalurkan arus listrik dari baterai ke elektroda dengan luasan 10.028,18 mm² setelah 15 menit menunjukkan volume 1,2 ml yang selanjutnya naik sedikit setelah itu terjadi kenaikan yang signifikan antara menit ke 30 hingga 45. Kemudian dilanjutkan lagi pada menit ke 60 hingga mencapai puncaknya sebesar 3,5 ml dan bertahan hingga 30 menit volumenya setelah itu menurun lagi sampai 2,5 ml hingga bertahan pada volume 2,5 ml sampai dimenit ke-295.

5.3.3. Analisa Volume pada Variasi Ketiga ($L_3 = 14.328 \text{ mm}^2$)

Pada tabel variasi ke-3 hasil eksperimen yang telah dicatat setiap 15 menit / 900 detik volume awal hanya 1,5 ml saja tetapi terjadi perubahan secara signifikan pada menit ke-30 sebesar 3 ml dan meningkat terus seiring dengan pertambahan waktu hingga mencapai puncaknya antara menit ke-145 sampai dengan menit ke 160 sebesar 15 ml, setelah itu menurun sedikit sebesar 14,5 ml bertahan menit ke-165 setelah itu turun menjadi 14 ml hingga pada menit ke-295 menit batasan waktu yang ditentukan. Bila dari sudut tegangannya terjadi stagnan 12,9 hingga pada menit ke 175 pertama lalu terjadi tren penurunan menjadi 12,8 Volt bertahan sampai menit ke 235 kemudian menurun lagi pada 12,7 hingga akhir penelitian. begitu juga pada arus listriknya terjadi stagnan 0,19 Amper dari awal hingga menit ke 75, baru kemudian menurun 0,18 Ampert bertahan hingga 75 menit setelah itu terjadi penurunan hingga 0,17 ml dan menurun lagi 0,16 Amper sampai akhir penelitiannya menjadi 0,15 ml.

Tabel. 5.3.3. Hasil Penelitian pada Variabel ke-3

NO	WKT (Menit)	Wkt (Det)	VOL KE (ml)	VOL (ml)	TEG (V)	ARUS (A)	P (Watt) (V x A) ke	P (Watt) (V x A)	Q ke (ml/s)	Q (ml/s)
1	15	900	1,5	1,5	12,9	0,19	2,451	2,451	0,100	0,1
2	30	1800	3	4,5	12,9	0,19	2,451	4,902	0,100	0,200
3	45	2700	3	7,5	12,9	0,19	2,451	7,353	0,067	0,267
4	60	3600	5	12,5	12,9	0,19	2,451	9,804	0,083	0,350
5	75	4500	6	18,5	12,9	0,19	2,451	12,255	0,080	0,430
6	90	5400	10	28,5	12,9	0,18	2,322	14,577	0,111	0,541
7	105	6300	12	40,5	12,9	0,18	2,322	16,899	0,114	0,655
8	120	7200	13	53,5	12,9	0,18	2,322	19,221	0,108	0,764
9	135	8100	14	67,5	12,9	0,18	2,322	21,543	0,104	0,867
10	145	8700	15	82,5	12,9	0,18	2,322	23,865	0,103	0,971
11	160	9600	15	97,5	12,9	0,17	2,193	26,058	0,094	1,065
12	175	10500	14,5	112	12,9	0,17	2,193	28,251	0,083	1,147
13	190	11400	14,5	126,5	12,8	0,17	2,176	30,427	0,076	1,224
14	205	12300	14,5	141	12,8	0,17	2,176	32,603	0,071	1,295
15	220	13200	14,5	155,5	12,8	0,17	2,176	34,779	0,066	1,360
16	235	14100	14,5	170	12,8	0,16	2,048	36,827	0,062	1,422
17	250	15000	14,5	184,5	12,7	0,16	2,032	38,859	0,058	1,480
18	265	15900	14,5	199	12,7	0,16	2,032	40,891	0,055	1,535
19	280	16800	14	213	12,7	0,16	2,032	42,923	0,050	1,585
20	295	17700	14	227	12,7	0,15	1,905	44,828	0,047	1,632



Gambar 5.3.3. Produksi HHO dengan luasan elektroda III

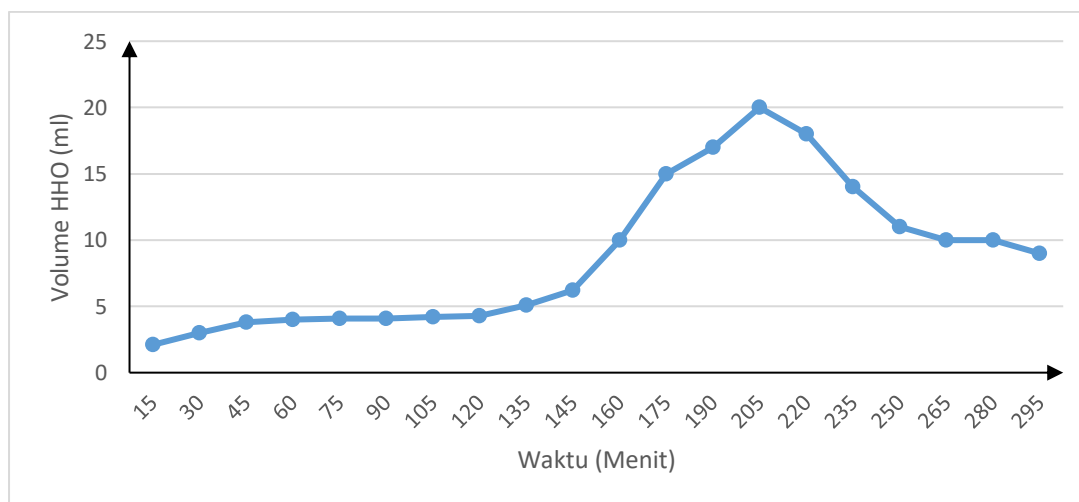
Sejak disalurkan arus listrik dari baterai ke elektroda dan anoda pada variasi ke-3 ini pengaruh ke volumenya HHO dari menit ke-15 sebesar 1,5 ml menunjukkan tren kenaikan yang signifikan hingga mencapai puncaknya pada menit ke-145 sampai dengan 160 sebesar 15 ml yang kemudian mengalami penurunan yang secara pelan-pelan volumenya hingga batas akhir uji/penelitian ini diakhiri.

5.3.4. Analisa Volume dari Variasi Keempat. ($L_4 = 14.3608 \text{ mm}^2$)

Pada tabel variasi ke-4 hasil eksperimen yang telah dicatat setiap 15 menit / 900 detik volume awalnya 2,1 ml, tetapi terjadi perubahan secara variatif menjadi 3 ml, naik menjadi 3,8 ml, 4 ml, dan seterusnya hingga mencapai puncaknya pada 20 ml pada menit ke-205, setelah itu terjadi penurunan hingga akhir penelitian mencapai 13 ml pada menit ke 295 batasan waktu yang ditentukan. Dilihat dari sudut tegangannya terjadi stagnan 12,9 hingga pada menit ke 90 pertama lalu terjadi tren penurunan menjadi 12,8 Volt bertahan samapi menit ke-160 kemudian menurun lagi pada 12,7 Volt selama 45 menit, 12,6 selama 45 menit hingga akhir penelitian 12,5 volt selama 45 menit. Pada arus listriknya awalnya dimulai dari 0,47 Amper selama 15 menit, kemudian terjadi stagnan 0,48 Amper selama 120 menit, lalu terjadi penurunan 0,46 selama 45 menit hingga 0,45 Amper akhir penelitiannya.

Tabel. 5. 3. 4. Hasil Penelitian pada Variabel ke-4

NO	WKT (mnt)	WKT (S) (60)	VOL KE (ml)	VOL (ml)	TEG (V)	ARUS (A)	P (WATT) (V x A) ke	P (WATT) (V x A)	Q ke (ml/s)	Q (ml/s)
1	15	900	2,1	2,1	12,9	0,47	6,063	6,063	0,140	0,140
2	30	1800	3	5,1	12,9	0,48	6,192	12,255	0,100	0,240
3	45	2700	3,8	8,9	12,9	0,48	6,192	18,447	0,084	0,324
4	60	3600	4	12,9	12,9	0,48	6,192	24,639	0,067	0,391
5	75	4500	4,1	17	12,9	0,48	6,192	30,831	0,055	0,446
6	90	5400	4,1	21,1	12,9	0,48	6,192	37,023	0,046	0,491
7	105	6300	4,2	25,3	12,8	0,48	6,144	43,167	0,040	0,531
8	120	7200	4,3	29,6	12,8	0,48	6,144	49,311	0,036	0,567
9	135	8100	5,1	34,7	12,8	0,48	6,144	55,455	0,038	0,605
10	145	8700	6,2	40,9	12,8	0,47	6,016	61,471	0,043	0,648
11	160	9600	10	50,9	12,8	0,47	6,016	67,487	0,063	0,710
12	175	10500	15	65,9	12,7	0,47	5,969	73,456	0,086	0,796
13	190	11400	17	82,9	12,7	0,47	5,969	79,425	0,089	0,885
14	205	12300	20	102,9	12,7	0,47	5,969	85,394	0,098	0,983
15	220	13200	18	120,9	12,6	0,46	5,796	91,19	0,082	1,065
16	235	14100	14	134,9	12,6	0,46	5,796	96,986	0,060	1,124
17	250	15000	11	145,9	12,6	0,46	5,796	102,782	0,044	1,168
18	265	15900	10	155,9	12,5	0,45	5,625	108,407	0,038	1,206
19	280	16800	10	165,9	12,5	0,45	5,625	114,032	0,036	1,242
20	295	17700	9	174,9	12,5	0,45	5,625	119,657	0,031	1,272



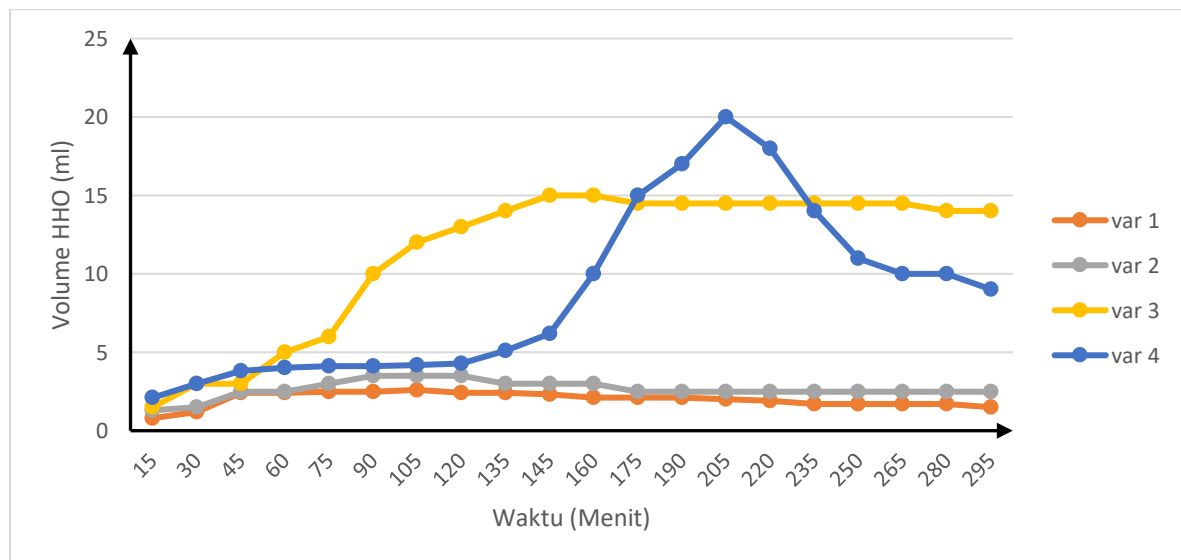
Gambar 5.3.4. Produksi HHO dengan luasan elektroda IV

Mulai disalurkan arus listrik dari baterai ke elektroda dengan luasan $V4 = 14.3608 \text{ mm}^2$ dapat dilihat di grafik pada menit ke 15 hanya 4 ml saja kemudian naik terus sedikit demi sedikit hingga pada menit ke 160 terjadi kenaikan terjadi secara signifikan mencapai optimalnya pada menit ke 205 mencapai 40 ml dan setelah itu terjadi penurunan terus menerus hingga menit 295 tinggal sebesar 18 ml selanjutnya terjadi penurunan terus.

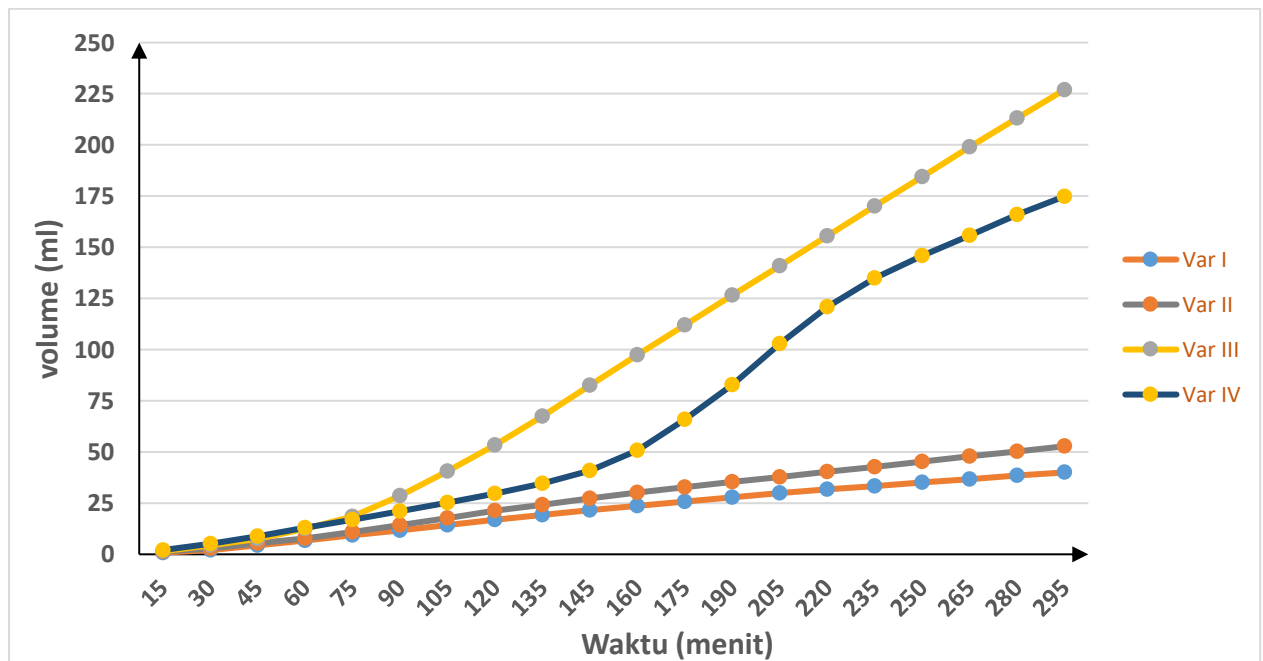
5.3.5 Rekapitulasi Volume dari 4 Variasi Luasan.

Bila diamati pada gambar 5.4.1. maka bisa diakumulasi produksi gas HHOnya dari beberapa variasi luasan elektrodanya maka yang paling optimal hasilnya terdapat pada variasi ke 3 karena dapat menghasilkan HHO cenderung lebih banyak di banding variasi 4 yang tinggi hasilnya tapi tidak bisa bertahan lebih lama, sehingga yang menghasilkan HHO yang ideal pada variasi ke-3.

Pengaruh luasan terhadap volume HHO sangat signifikan perbedaannya pada variasi 1, 2 dan 3, 4 untuk variasi 1 dan 2 hampir mirip tren volume, begitu juga dengan 3 dan 4 trennya hampir sama juga. Semakin luas elektrodanya maka akan didapat volume HHO semakin tinggi.



Gambar 5.3.5. Rekapitulasi produksi HHO dengan luasan elektroda I - IV

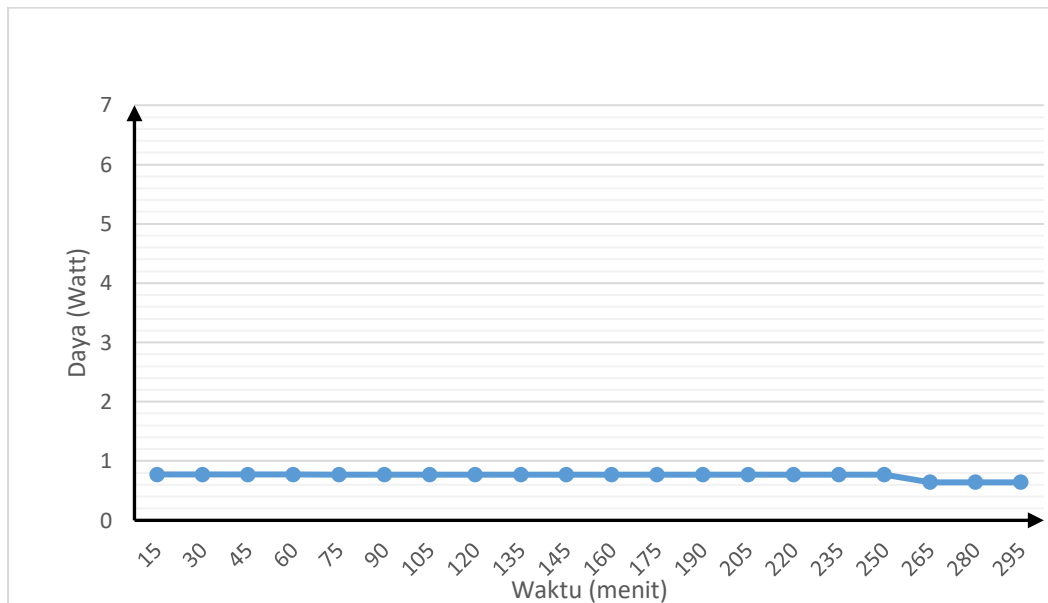


Gambar 5.4.1. Rekapitulasi Pengaruh Luasan Elektroda terhadap Volume HHO

5.4. Pengaruh Luasan terhadap Konsumsi Daya.

Daya yang diperlukan dalam proses elektrolisis ini berasal dari perkalian pada arus listrik mengalir dari sumber daya sebuah baterai 70 AH dengan beda tegangannya yang terjadi besarnya dari arus listrik ini tak lepas dari pengaruh luasan elektrodanya. Semakin luas elektrodanya makanya konsumsi arus listriknya semakin besar juga, oleh sebab itu maka didalam perancangan sistem elektrolisis perlu mempertimbangkan salahsatunya yaitu tentang luasan elektrodanya agar tepat guna dan tepat sasaran yang dimaksud

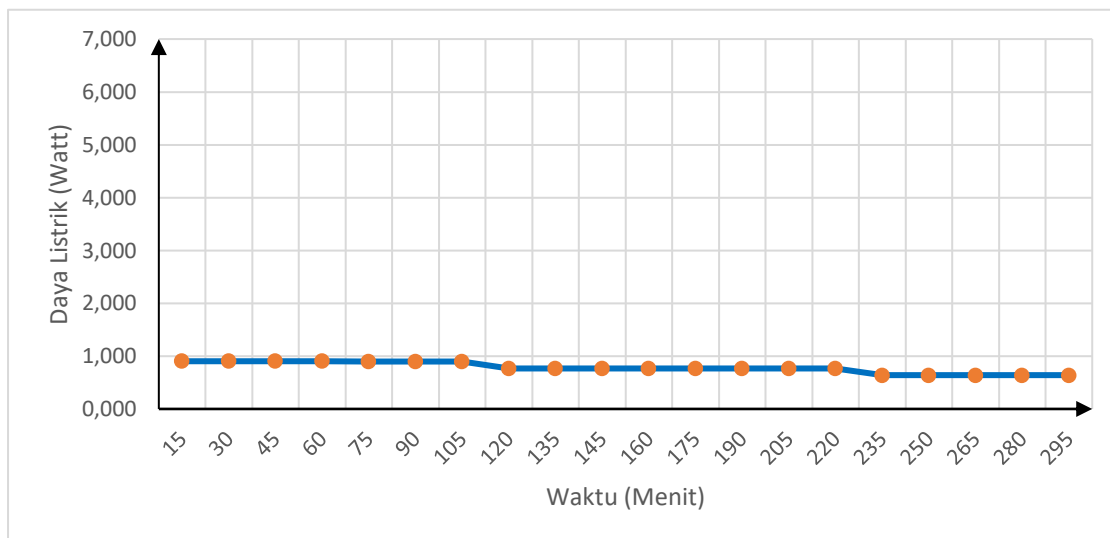
5.4.1 Variasi I. Pengaruh Luasan terhadap Daya Listrik



Gambar 5.4.1. Variasi 1 Pengaruh Luasan terhadap Daya Listrik

Pada variasi luasan elektroda I ini bila dilihat pada gambar maka akan terlihat terjadi penyerapan daya listriknya mulai dari menit awal hingga menit ke 250 perubahan dayanya sangat kecil ini dikarenakan luasan elektrodanya kecil sehingga penyerapan dayanya juga kecil atau bisa dikatakan stabil baru setelah menit ke 250 maka trennya menurun sedikit dan secara pelan-pelan.

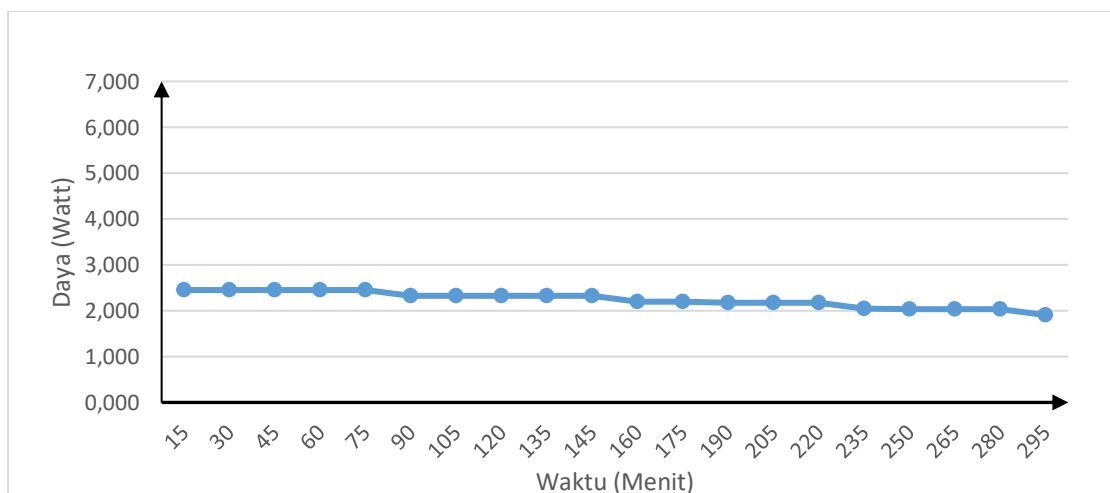
5.4.2. Variasi II. Pengaruh Luasan terhadap Daya Listrik.



Gambar 5.4.2. Variasi II Pengaruh Luasan Elektroda terhadap Daya Listrik

Berdasarkan gambar pada variasi elektroda II (dua) diatas pengaruh waktu terhadap konsumsi dayanya (Watt) mulai dari menit ke 15 sampai menit ke 105 cenderung sangat kecil penurunan dayanya, setelah menit antara 105 dan 135 terjadi penurunan yang agak tajam, serta bertahan hingga menit 220 lalu terjadi penurunan terus hingga akhir proses elektrolisis ini. Dengan adanya pertambahan luasan elektrodanya maka penyerapan daya listriknya akan bertambah pula.

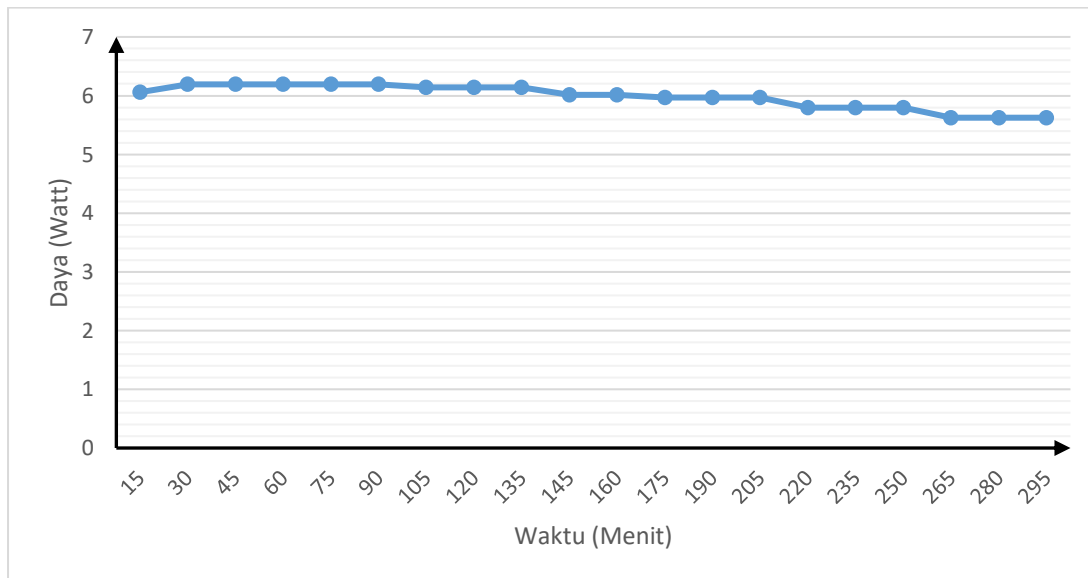
5.4.3. Variasi III. Pengaruh Luasan terhadap Daya Listrik



Gambar 5.4.3. Variasi III Pengaruh Luasan terhadap Daya Listrik

Pada variasi elektroda ke-3 ini jika dilihat pada tabel diatas maka terlihat terjadi penurunan konsumsi dayanya secara pelan-pelan sekali dari awal hampir 2,5 Watt hingga akhir prosesnya penelitian pada menit ke-295 sedikit dibawah 2 Watt saja. Mulai dari pengujian/penelitian hingga akhir penurunan/penyerapan dayanya cenderung lebih kecil.

5.4.4. Variasi IV Pengaruh Luasan Elektroda terhadap Daya Listrik.

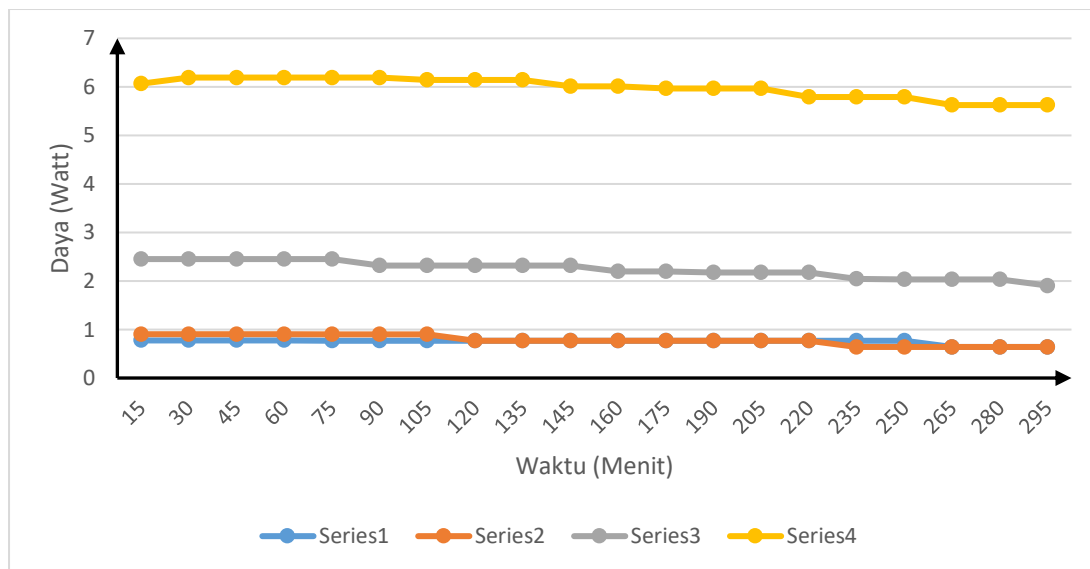


Gambar 5.4.4. Variasi IV Pengaruh Luasan terhadap Daya

Pengaruh waktu terhadap konsumsi daya pada variasi IV proses elektrolisis ini terjadi tren kenaikan konsumsi dayanya pada menit 15 dan menit 30, setelah itu stabil hingga pada menit ke 90 kemudian pada proses berikutnya penyerapan dayanya stabil hanya 30 menit saja kemudian akan terjadi tren penurunan terus dayanya yang signifikan dibandingkan variasi III tadi hingga akhir penelitian ini karena energi listrik baterai berkurang.

5.4.5. Rekapitulasi Pengaruh Daya listrik terhadap Waktu.

Apabila dilihat pada gambar dibawah maka besarnya penyerapan daya listriknya dipengaruhi oleh luasan elektrodanya, makin luas elektrodanya maka penyerapan enrginyapun makin besar dan penurunan daya listriknya dari ke-4 variasi diatas sangat relatif kecil serta terjadinya penurunannya sangat pelan-pelan sekali.

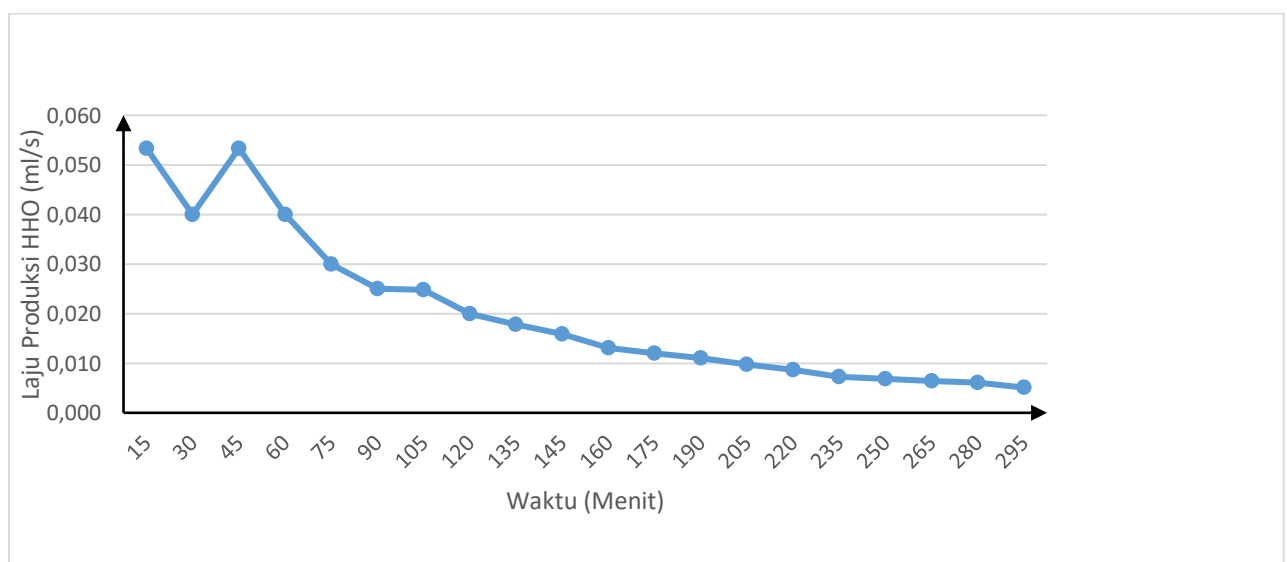


Gambar 5.4.5. Rekapitulasi Variasi Pengaruh Luasan Elektroda terhadap Daya

5.5 Laju Produksi HHO (Q)

Nilai Q ini berasal dari pembagian besarnya volume hasil proses elektrolisis dibagi dengan satuan waktu tertentu, yang besarnya volume tergantung dari besarnya arus yang mengalir dari sumber dayanya, dalam hal ini berasal dari sebuah baterai 12 Volt 70 AH menuju ke elektrodanya. Adanya luasan elektroda dapat mempengaruhi hasil produktifitas HHOnya, karena luasan permukaan elektrodanya bersentuhan dengan air semakin banyak atau luas.

5.5.1. Hasil Q dari Variasi Pertama dengan Luas 6.413,4 mm²

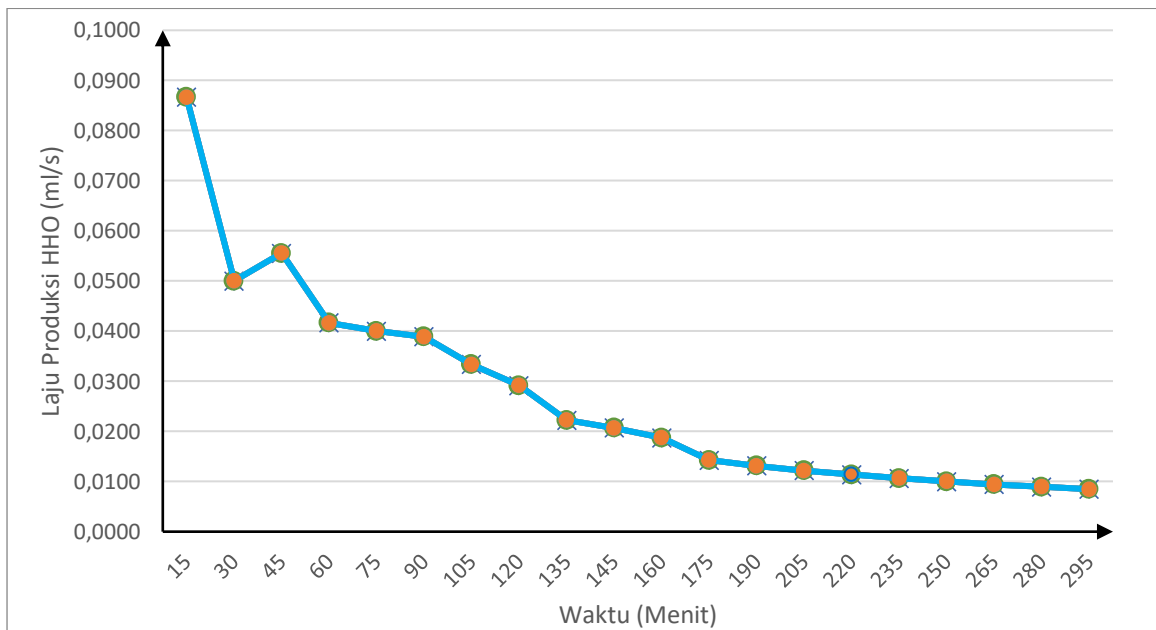


Gambar 5.5.1. Variasi 1 Pengaruh Luasan terhadap Laju Produksi HHO

Laju produksi HHO pada variasi 1 ini berdasarkan gambar diatas menunjukkan nilai paling tinggi pada saat awal proses elektrolisis pada menit pertama hingga menit ke-45, kemudian makin lama makin berkurang laju produksi HHOnya dikarenakan berkurang juga arus listriknya yang mengalir ke elektroda.

5.5.2. Hasil Q dari Variasi Kedua dengan Luas 10.028,18 mm²

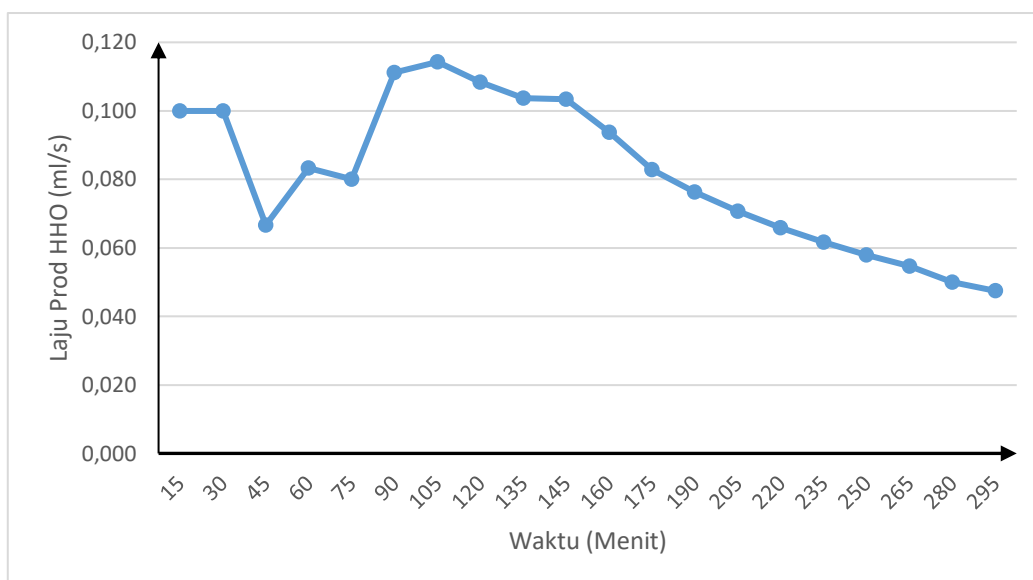
Variasi II Pengaruh Luasan terhadap Laju Produksi HHO



Gambar 5.5.2. Variasi II Pengaruh Luasan terhadap Laju Produksi HHO

Laju produksi HHO pada variasi 2 ini berdasarkan grafik diatas menunjukkan nilainya tertinggi pada saat awal proses elektrolisis kemudian menurun hingga lebih 0,0800 dan naik lagi secara drastis pada menit ke-45. Setelah itu terjadi penurunan lagi yang semakin lama makin berkurang debit HHOnya dikarenakan berkurang juga arus listriknya yang mengalir ke elektroda.

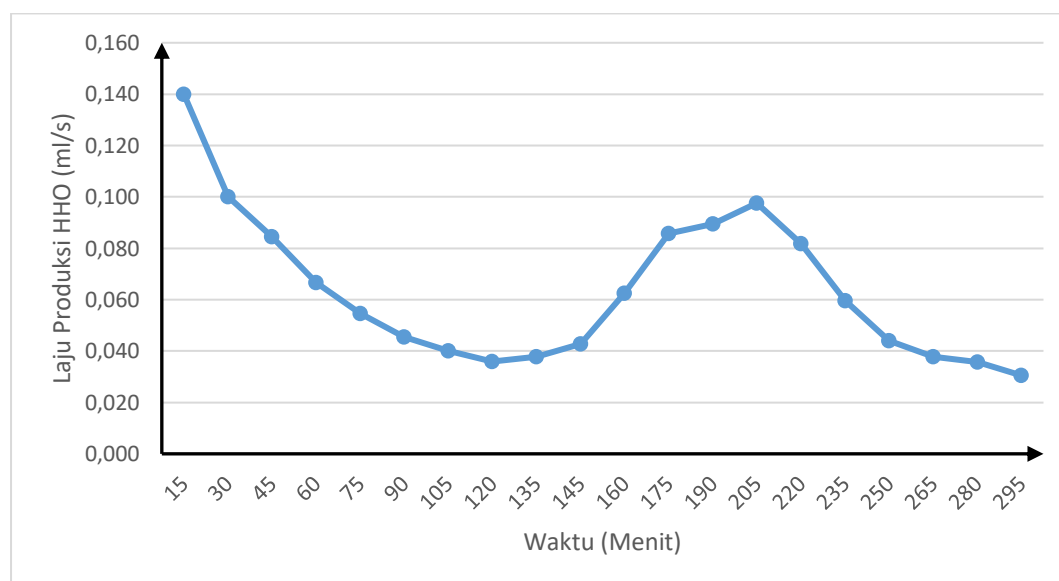
5.5.3. Hasil Q dari Variasi Ketiga dengan Luas 14.328 mm²



Gambar 5.5.3. Variasi III Pengaruh Luasan terhadap Laju Produksi HHO

Debit HHO pada variasi 3 ini bila diamati grafiknya menunjukkan nilainya naik dari awal hingga menit ke 30 kemudian turun lagi sesaat dan setelah itu naik lagi hingga puncaknya pada menit ke 105 sebesar hampir 0,00400 ml. Namun setelah itu terjadi penurunan Volume HHOnya terus-menerus trennya hingga menit ke-295 diakhiri penelitiannya.

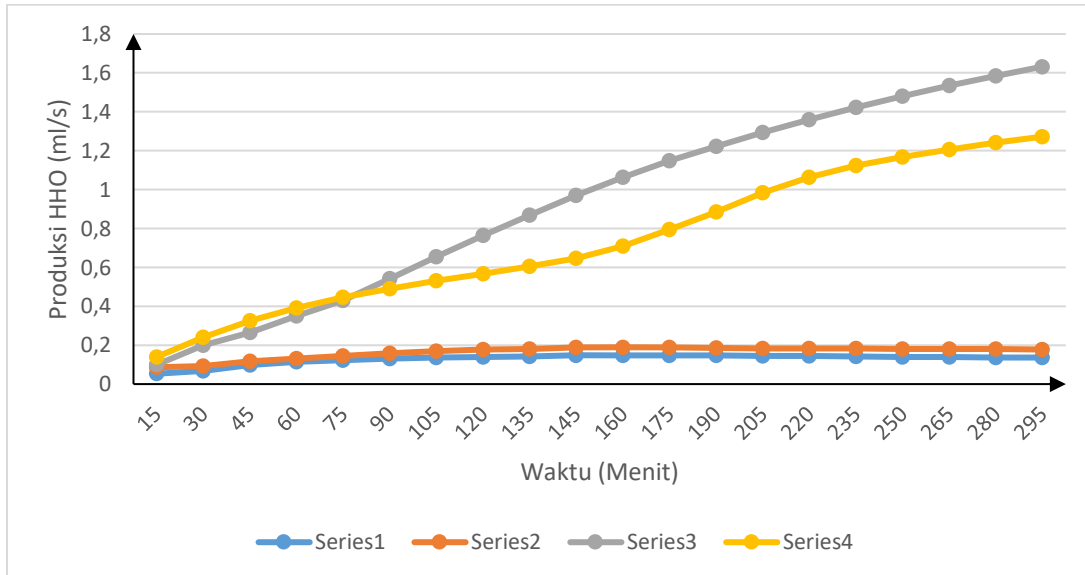
5.5.4. Hasil Q dari Variasi IV dengan Luas 14.368 mm²



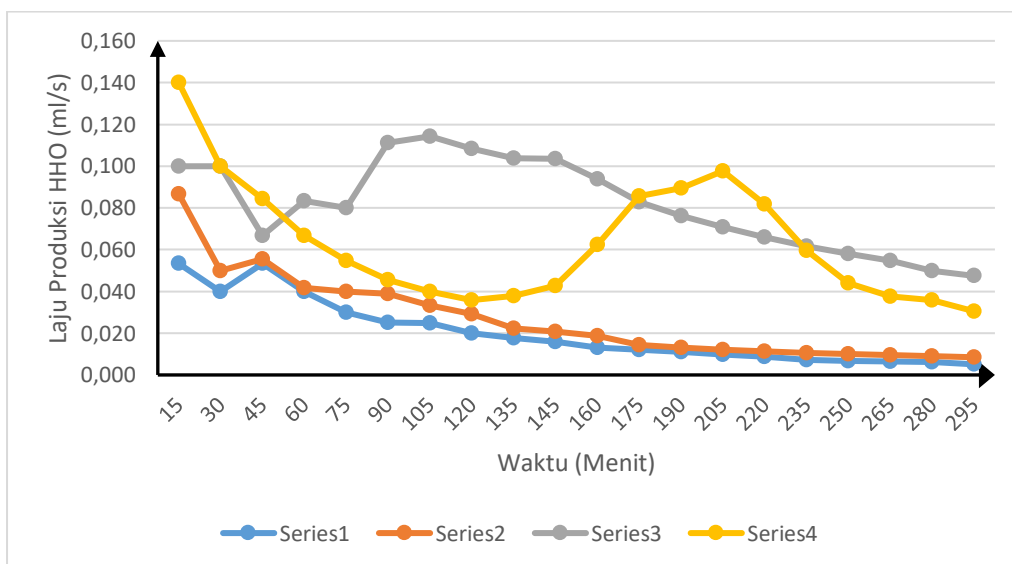
Gambar 5.5.4. Variasi IV Pengaruh Luasan terhadap Laju Produksi HHO

Laju aliran HHOnya pada variasi 4 ini bila diamati grafiknya menunjukkan nilai awal penelitian ini sangat tinggi mencapai lebih dari 0,004500 ml namun menurun lagi hingga menit ke 120 kemudian naik lagi terus-menerus hingga menit 205 setelah itu menurun terus menerus hingga diakhiri penelitian ini pada menit ke 295.

5.5.5 Hasil Rekapitulasi Laju Produksi HHO dari 4 Variasi Luasan.



Gambar 5.5.5. Rekapitulasi Laju Produksi HHO terhadap waktu



Gambar 5.5.5. Rekapitulasi Variasi 1- IV Pengaruh Luasan terhadap Produksi HHO

Berdasarkan gambar diatas maka laju produktifitasnya HHO pada proses elektrolisis tersebut yang dipengaruhi oleh luasannya elektroda, namun resistansinya dipengaruhi kemampuan jenis bahan tersebut menghantarkan elektronnya dari anoda ke

katodanya. Berikutnya yaitu pengaruh luasan elektroda pada proses elektrolisis untuk menghasilkan HHO yang optimal dihadapkan daya yang di gunakan dari sebuah baterai 12 Volt 70 AH. Kesesuaian antara elektroda dengan generator yang digunakan untuk proses elektrolisis sehingga memperoleh efisiensi yang maksimal produksi HHOnya.

Proses elektrolisis tersebut bila di variasikan luasan Elektrodanya maka akan mempengaruhi hasil produksi gas HHOnya disebabkan oleh beberapa faktor antara lain yaitu dengan berubahnya luasan maka akan mempengaruhi penyerapan arus listrik yang mengalir dari baterai ke Elektroda, makin luas Elektrodanya maka akan semakin besar serapan arus listriknya, begitu juga sebaliknya.

Bila dihadapkan dengan kapasitas baterai 12 Volt 70 AH maka serapan dayanya bisa disesuaikan dengan kebutuhan/penggunaannya, baik itu dalam proses yang menghasilkan HHO besar dayanya dalam waktu yang singkat/sebentar, namun ada juga yang memerlukan daya yang tidak terlalu besar tapi kontinyu dalam waktu yang lama. Sehingga keperluannya akan daya agar tepat penggunaannya sesuai dengan kebutuhan.

Volume air elektrolisis yang dibutuhkan untuk elektrolisis ditentukan sesuai dengan kapasitas generator ujinya. Pada alat ini memiliki kapasitas 1350 ml air, sumber daya pada baterai mempunyai tegangannya sebesar 12 Volt dan arusnya sebesar 70 AH.

$$q = n \cdot F$$

1 Faraday = 1 Mol elektron = Mempunyai muatan listrik sebesar 96500 Coulomb

$$\text{Faraday} = (\text{Amper} \times \text{Waktu (detik)}) / 96500$$

$$= (I \times t) / 96500$$

$$= (70 \times 5400) / 96500$$

$$= 378.000 / 96500$$

$$= 3,9171$$

5.6. Kebutuhan Daya Listrik Yang Digunakan Untuk Proses Elektrolisis

Dalam perhitungan daya yang digunakan dalam proses elektrolisis ini dapat dihitung dengan persamaaan sebagai berikut

$$P_{HHO} = V \times I$$

Sesuai spesifikasi dari daya yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebuah baterai dengan data antara lain $V = 12\text{Volt}$ 70AH , namun konsumsi tegangan dan arus listrik yang mengalir dalam elektroliser sesuai dengan luasan elektrodanya, sehingga pemakaian dayanya dapat dilihat dalam tabel besaran dayanya tiap waktu tertentu

maupun selama proses berlangsungnya elektrolisis. Berdasarkan tabel diatas maka didapat data konsumsi pemakaian selama proses elektrolisis sesuai dengan variasi elektrodanya yaitu : $P_{HHO1}= 14 \text{ watt}$, $P_{HHO2}= 14,64 \text{ watt}$, $P_{HHO3}= 44,82 \text{ watt}$, $P_{HHO4}= 119,65 \text{ watt}$

5.7 Laju Produksi HHO Sesuai Luasan Elektrodanya.

Dengan daya yang digunakan tadi bisa dihitung hasil produksi selama proses elektrolisis berlangsung melalui rumus sebagai berikut

$$Q = \frac{V}{t} \left[\frac{ml}{s} \right]$$

Q = Laju produksi gas HHO (ml/s)

v = Volume gas HHO yang ditampung dalam gelas ukur (ml)

t = Waktu untuk menghasilkan gas HHO (s)

5.7.1 Perhitungan laju produksi HHO yang disesuaikan dengan luasan elektrodanya adalah sebagai berikut

a. Laju produksi HHO pada elektroda variasi I ($L_1 = 6.413,4 \text{ mm}^2$) yaitu diambil data rekapitulasi dari seluruh proses elektrolisis yang telah dilaksanakan pengujian dengan waktu yang telah ditentukan, sehingga menghasilkan perhitungan sebagai berikut

$$Q1 = \frac{40}{295} \left[\frac{ml}{mnt} \right] \qquad Q1 = \frac{40}{17700} \left[\frac{ml}{s} \right]$$

$$= 1,35 \times 10^{-1} \text{ ml/menit} \qquad = 0,22 \times 10^{-4} \text{ l/s}$$

b. Laju produksi HHO pada elektroda variasi II yang luasannya sebesar ($L_2 = 10.028,18 \text{ mm}^2$) yaitu diambil data rekapitulasi dari seluruh proses elektrolisis yang telah dilaksanakan pengujian dengan waktu yang telah ditentukan, sehingga menghasilkan perhitungan sebagai berikut :

$$Q2 = \frac{52,8}{295} \left[\frac{ml}{mnt} \right] \qquad Q2 = \frac{52,8}{17700} \left[\frac{ml}{s} \right]$$

$$= 1,78 \times 10^{-1} \text{ ml/mnt} \qquad = 0,29 \cdot 10^{-4} \text{ l/s}$$

c. Laju produksi HHO pada elektroda variasi III yang luasannya sebesar ($L_2 = 14.328 \text{ mm}^2$) yaitu diambil data rekapitulasi dari seluruh proses elektrolisis yang telah dilaksanakan pengujian dengan waktu yang telah ditentukan, sehingga menghasilkan perhitungan sebagai berikut :

$$Q_3 = \frac{227}{295} \left[\frac{\text{ml}}{\text{mnt}} \right] \quad Q_3 = \frac{227}{17700} \left[\frac{\text{ml}}{\text{s}} \right]$$

$$= 7,69 \times 10^{-1} \text{ ml/mnt} \quad = 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ l/s}$$

d. Laju produksi HHO pada elektroda variasi IV yang luasannya sebesar ($L_2 = 14.3608 \text{ mm}^2$) yaitu diambil data rekapitulasi dari seluruh proses elektrolisis yang telah dilaksanakan pengujian dengan waktu yang telah ditentukan, sehingga menghasilkan perhitungan sebagai berikut:

$$Q_4 = \frac{174,9}{295} \left[\frac{\text{ml}}{\text{mnt}} \right] \quad Q_4 = \frac{174,9}{17700} \left[\frac{\text{ml}}{\text{s}} \right]$$

$$= 2,53 \cdot 10^{-1} \text{ ml/mnt} \quad = 9,8 \cdot 10^{-4} \text{ l/s}$$

5.8. Efisiensi Generator.

$$\eta_{\text{HHO}} = \frac{Q_{\text{HHO}} \times \rho_{\text{HHO}} \times \text{LHV}_{\text{HHO}}}{P_{\text{HHO}}} \times 100\%$$

Dimana :

ρ_{HHO} = Massa jenis gas HHO (gr / l) (0,491167 gr/l)

LHV = Low Heating Value, nilai kalor bawah gas HHO (13250 J / gr)

P_{HHO} = (J / s)

$$\eta_{1 \text{ HHO}} = \frac{0,22 \cdot 10^{-4} \text{ l/s} \times 4,9 \cdot 10^{-1} \text{ gr / l} \times 1,325 \cdot 10^4 \text{ J/gr}}{14 \text{ J/s}} \times 100\%$$

$$= 10,4587 \%$$

$$\eta_{2 \text{ HHO}} = \frac{0,29 \cdot 10^{-4} \text{ l/s} \times 4,9 \cdot 10^{-1} \text{ gr / l} \times 1,32 \cdot 10^4 \text{ J/gr}}{14,6 \text{ J/s}} \times 100\%$$

$$= 16,6609 \%$$

$$\eta_{3 \text{ HHO}} = \frac{1,2 \cdot 10^{-4} \text{ l/s} \times 4,9 \cdot 10^{-1} \text{ gr/l} \times 1,32 \cdot 10^4 \text{ J/gr}}{44,82 \text{ J/s}} \times 100\%$$

$$= 34,6655 \%$$

$$\eta_{4 \text{ HHO}} = \frac{0,98 \cdot 10^{-4} \text{ l/s} \times 4,9 \cdot 10^{-1} \text{ gr/l} \times 1,32 \cdot 10^4 \text{ J/gr}}{119,65 \text{ J/s}} \times 100\%$$

$$= 28,8833 \%$$

Bila diamati hasil penelitian nilai puncak volumenya pada varian I: 2,4 ml, varian II: 3,5 ml, Varian III: 15 ml, dan varian IV: 20 ml, berdasarkan data tersebut maka untuk puncak volumenya yang paling tinggi pada variasi IV yaitu sebesar 20 ml. Berdasarkan perhitungan laju produksi dari empat proses elektrolisis diatas adalah sebagai berikut

Variasi I : $1,35 \times 10^{-1}$ ml/menit atau $0,22 \times 10^{-4}$ l/s, variasi II : $1,78 \times 10^{-1}$ ml/mnt atau $0,29 \cdot 10^{-4} \text{ l/s}$, variasi III : $7,69 \times 10^{-1}$ ml/mnt atau $1,2 \cdot 10^{-4} \text{ l/s}$, dan variasi IV : $2,53 \cdot 10^{-1}$ ml/mnt atau $9,8 \cdot 10^{-4} \text{ l/s}$ bahwa hasil laju produksi HHOnya yang paling optimum diantara keempat variasi luasan elektroda yaitu pada variasi ke tigalah yang paling besar yaitu 0,7694 ml/menit atau 0,0128 ml/s.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan.

Berdasarkan hasil penelitian menunjukan bahwa nilai puncak volumenya pada varian I: 2,4 ml, varian II: 3,5 ml, Varian III: 15 ml, dan varian IV: 20 ml, bila diamati data tersebut maka untuk puncak volumenya yang paling tinggi pada variasi IV yaitu sebesar 20 ml. Berdasarkan perhitungan laju produksi dari empat proses elektrolisis diatas adalah sebagai berikut variasi I : $1,35 \times 10^{-1}$ ml/menit atau $0,22 \times 10^{-4}$ l/s, variasi II : $1,78 \times 10^{-1}$ ml/mnt atau $0,29 \cdot 10^{-4}$ l/s , variasi III : $7,69 \times 10^{-1}$ ml/mnt atau $1,2 \cdot 10^{-4}$ l/s , dan variasi IV : $2,53 \cdot 10^{-1}$ ml/mnt atau $9,8 \cdot 10^{-4}$ l/s bahwa hasil laju produksi HHOnya yang paling optimum diantara keempat variasi luasan elektroda yaitu pada variasi ke tigalah yang paling besar yaitu 0,7694 ml/menit atau 0,0128 ml/s.

Proses elektrolisis tersebut bila divariasikan luasan elektrodanya maka akan mempengaruhi hasil produksi gas HHOnya disebabkan oleh beberapa faktor antara lain yaitu dengan berubahnya luasan maka akan mempengaruhi penyerapan arus listrik yang mengalir dari baterai ke elektrode, makin luas elektrodanya maka akan semakin besar serapan arus listriknya, begitu juga sebaliknya.

Berdasarkan pengamatan pada hasil beberapa variasi elektroda pada proses elektrolisis diatas menunjukkan bahwa produksi gas HHOnya dari beberapa variasi luasan elektrodanya maka yang paling optimal hasilnya terdapat pada variasi ke-3 karena dapat menghasilkan HHO cenderung lebih banyak / lebih lama prosesnya dibanding variasi 4 yang tinggi hasilnya tapi tidak bisa bertahan lebih lama, sehingga yang menghasilkan HHO yang ideal pada variasi ke-3. Padahal luasan pada elektroda ke-4 lebih luas dibanding elektroda ke-3.

Sehingga dihadapkan dengan kapasitas baterai 12 volt 70 AH atau lebih kurangnya sumber energinya itu maka serapan dayanya bisa disesuaikan luasan elektrodanya dan kapasitas elektrolisisnya dengan kebutuhan gas HHO / penggunaan gas HHOnya, baik itu dalam proses menghasilkan gas HHO yang besar namun penyerapan energinya dalam waktu yang singkat/sebentar ataupun penyerapan daya listriknya yang tidak terlalu besar tapi kontinyu agar dapat bertahan dalam waktu yang lama. Sehingga keperluan akan daya listriknya lebih tepat penggunaannya sesuai dengan kebutuhan.

6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan sehubungan dengan penelitian ini, antara lain :

1. Perhitungan datanya dengan data logger agar diperoleh data lebih akurat.
2. Perlunya penelitian dampak korosifnya pada elektroda akibat proses elektrolisis yang berulang-ulang yang berdampak penambahan luasannya sekarang ini masih diabaikan.

Daftar Pustaka

- Andewi, Wahyono Hadi., Produksi gas hidrogen melalui proses elektrolisis air sebagai sumber energi. Jurusan Teknik Lingkungan-FTSP-ITS
- Attila Gollei, Péter Górze, Attila Magyar., *Measurement based modeling and simulation of hydrogen generation cell in complex domestic renewable energy systems* .Department of Electrical Engineering and Information Systems, Faculty of Information Technology, University of Pannonia, Egyetem Street 10, Veszprem, H- 8200, Hungary.
- A.Syaiful, Bachtera Indarto, Didiek Basuki Rahmat, dan Hasto Sunarno .2015. Pengaruh Variasi Lapisan Pelat Sejajar pada Laju Produksi HHO dari Generator *Oxyhydrogen* Berbasis Sel Elektrolis. Jurnal fisika dan aplikasinya volume 11, nomor 1 Januari 2015. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601.
- B.N. Lukyanov, D.V. Andreev, V.N. Parmon Boreskov *Catalytic reactors with hydrogen membrane separation Institute of Catalysis*, Pr. Akad. Lavrentieva 5, Novosibirsk 630090, Russia.
- E.V. Chatzidouros, V.J. Papazoglou, T.E. Tsiourva, D.I. Pantelis *Hydrogen effect on fracture toughness of pipeline steel welds, with in situ hydrogen charging*. Shipbuilding Technology Laboratory, School of Naval Architecture and Marine Engineering, National Technical University of Athens, Greece. 4.
- Hardjono Sastrohamidjojo, Kimia Dasar, edisi ke-2, 2005
- Jack R. Ambler dkk, 2011, *Evaluation of stainless steel cathodes and a bicarbonate bufferfor hydrogen production in microbial electrolysis cells using a new method for measuring gas production*. Department of Civil and Environmental Engineering, The Pennsylvania State University, University Park, PA 16802.
- Joonas Koponen, 2015, *Review of Water Elektrolysis tecknologies and design of renewable hydrogen production systems*. Lappeenranta University of Technology LUT School of Energy Systems. Degree Programme in Electrical Engineering

- Marlina, E.dkk, Produksi Brown's gas hasil elektrolisis H₂O dengan katalis NaHCO₃,. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya , Jl. MT Haryono 167 Malang 65145. 2013.
- M. Reytyer, S., dkk. 2015, *Stack performances in high temperature steam electrolysis and co-electrolysis*. CEA, LITEN, 17 rue des Martyrs, F-38054 Grenoble, France
- Mohamed M. EL-Kassaby, 2015, dkk, *Effect of hydroxy (HHO) gas addition on gasoline engine performance and emissions*. Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, Alexandria University.
- Natalia R. Kudinova, dkk. 2016 *Determining the bound energies of dissolved hydrogen on the basis of a multichannel diffusion model in a solid*. Institute of Problems of Mechanical Engineering RAS, 61 Bolshoi Pr. V.O., St. Petersburg 199178, Russian Federationb Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University.
- Priscilla A., dkk.. *The use of stainless steel and nickel alloys as low-cost cathodes in microbial electrolysis cells*.
- Perry's Handbook edition 7, Chemical Engineers
- Sopandi, 2015, Studi Ketebalan Elektroda Pada Produksi Gas HHO (Hidrogen Hidrogen Oksigen) Oleh Generator HHO Tipe Basah Dengan Katalis NaHCO₃ (*Natrium Bikarbonat*)
- Rebecca L. King, Gerardine G. Botte , 2016, *Hydrogen production via urea electrolysis using a gel electrolyte* Center for Electrochemical Engineering Research, Department of Chemical and Biomolecular Engineering, 165 Stocker Center, Ohio University, Athens, OH 45701, USA
- Tomohiko Imamura dkk, 2009, *Control of the ignition possibility of hydrogen by electrostatic discharge at a ventilation duct outlet*, Research Core for Explosion Safety, Research Institute of Science for Safety and Sustainability, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), 16-1 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305-8569, Japan.
- Tong-Le Liu, dkk,. 2016, *Evaluation of polarization and hydrogen production efficiency of solid oxide electrolysis stack with La_{0.6}Sr_{0.4}Co_{0.2}Fe_{0.8}O₃δ-Ce_{0.9}Gd_{0.1}O_{1.95} oxygen electrode* a Institute of Nuclear and New Energy Technology, Tsinghua University, Beijing, 100084, China.
- Wahyono, 2015. Pembuatan alat produksi gas hidrogen dan oksigen tipe *wett cell* dengan variasi luas penampang.

Yimin Zhang, Matthew D. Merrill, Bruce E. Logan. *The use and optimization of stainless steel mesh cathodes in microbial electrolysis cells* .Department of Civil and Environmental Engineering, Penn State University, 212 Sackett Building, University Park, PA 16802, USA.

Yousif M. Hamad, dkk., 2014, *A design for hydrogen production and dispensing for northeastern United States, along with its infrastructural development timeline* Department of Mechanical and Aerospace Engineering, Missouri University of Science and Technology Rolla, MO, USA.

Yifeng Zheng, 2016, *Quantitative electrochemical contributions of cells and stacked interfacial contacts in solid-oxide electrolysis cells* a College of Materials Science and Engineering, Nanjing Tech University, No. 5 Ximofan Road, Nanjing, Jiangsu 210009, PR China.

